



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad

Comparación entre método tradicional y método con UAV, para
detección de deterioros superficiales en pavimentos semirrígidos de
adoquín.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de maestría
en ingeniería de vías terrestres y movilidad

Presenta:

Ing. Luis Fernando Uribe Chagala

Dirigido por:

Dr. Omar Chávez Alegría

Dr. Omar Chávez Alegría

Presidente

Firma

Dr. Saúl Obregón Biosca

Secretario

Firma

M.I. Gerardo Medellín Aguilar

Vocal

Firma

Dra. María de la Luz Pérez Rea

Suplente

Firma

M.I. José Juan Puga Olvera

Suplente

Firma

Dr. Manuel Toledano Ayala

Director de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Directora de Investigación y Postgrado

Centro Universitario

Querétaro, Qro.

marzo 2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Comparación entre método tradicional y método con
UAV, para detección de deterioros superficiales en
pavimentos semirrígidos de adoquín.

por

Luis Fernando Uribe Chagala

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](#).

Clave RI: IGMAC-300621

RESUMEN

Las redes urbanas de pavimento semirrígido, están sometidas a causas de daño clasificadas en meteorológicas y mecánicas, generando deterioros que afectan la estructura superficial e interna del pavimento. La presente investigación surge como necesidad de la falta de información en pavimentos semirrígidos, la cual tuvo como objetivo evaluar el pavimento de adoquín en la zona del centro histórico de la ciudad de Querétaro, México, usadas para el tránsito local y turístico, por lo que son de gran valor cultural e histórico. En la presente investigación se propone el método para la evaluación de pavimento semirrígido con unidad aérea no tripulada UAV, basados en los estándares ASTM y Normas de la SICT. Los resultados se compararon con el método tradicional (Estación total y GPS), como método actual de control para evaluar el estado de un pavimento. Se tiene como resultado la identificación de los tipos de deterioros que presenta el pavimento semirrígido de adoquín, se realiza una fotointerpretación de los ortomosaicos obtenidos con la aplicación de mejoras a las características de imágenes. Se concluye que, es más eficiente el método U.A.V., al compararlo en relación tiempo y precisión, comprobando que el tiempo del diagnóstico y la precisión, en la evaluación del deterioro de los pavimentos del método tradicional con respecto al método de análisis fotogramétrico con el uso de unidad aérea no tripulada disminuye en un 90% en infraestructura histórica patrimonial.

Palabras clave: Deterioros, pavimento semirrígido, unidad aérea no tripulada, ortomosaico.

SUMMARY

Urban networks of Semi-rigid pavement are subjected to causes of damage classified as meteorological and mechanical, generating distress that affects the superficial and internal structure of the pavement. The present investigation whose objective was the evaluation of the cobblestone pavement in the area of the historic center of the city of Querétaro, Mexico, arises from the lack of information on semi-rigid pavements, the chosen area is used for local and tourist traffic, for which they are of great cultural and historical value. In the present investigation, an unmanned aerial unit, UAV, is proposed as the method for the evaluation of semi-rigid pavement, based on the ASTM standards and the SICT Standards. The results were compared with the traditional method (Total Station and GPS), as a current control method to evaluate the pavement condition. The result is the identification of the types of distress that the semi-rigid cobblestone pavement presents, a photointerpretation of the orthomosaics obtained with the application of improvements to the image characteristics is carried out. It is concluded that the method of photogrammetric analysis with the use of an unmanned aerial unit, U.A.V., in infrastructure heritage history, is more efficient than the traditional method when compared in relation to time and precision, verifying that the diagnosis time in the evaluation of the distress of pavements decreases by 90% while the precision increased.

(Keywords: Distress, semi-rigid pavement, unmanned aerial unit, orthomosaic.)

DEDICATORIA

A Dios y a la vida por permitirme continuar mis estudios.

A mi madre y padre, por siempre apoyarme.

A mis hermanos por mantenerme fuerte para ser su ejemplo.

A mis compañeros y profesores de la Universidad Autónoma de Querétaro.

A todas las personas que me han enseñado algo, dentro y fuera de las aulas.

AGRADECIMIENTOS

A través de estas líneas quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la oportunidad de estudiar de tiempo completo en un programa de Maestría y a la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) por sus excelentes docentes, programas, laboratorios, infraestructura y personal en general.

Le doy gracias a mi asesor el Dr. Omar Chávez por su apoyo y orientación en este trabajo, que con su tiempo limitado, incasable vocación y estricta disciplina me brindó la oportunidad de aprender mucho más que lo descrito en este proyecto, así como a mis sinodales el Dr. Saúl Obregón Biosca, la Dra. María de la Luz Pérez Rea, M.I. Gerardo Medellín y M.I. José Juan Puga Olvera por sus valiosas observaciones, las cuales, contribuyeron para alcanzar los objetivos trazados en este proyecto.

Gracias a Dios por la bendición de estar y poder disfrutar cada etapa de mi vida. A mi familia por su apoyo incondicional, a mis padres porque han estado conmigo en todo momento y me han apoyado en todos mis proyectos, gracias por su infinito amor y por ayudarme hacer mis sueños realidad.

A mis compañeros de la maestría, en especial al Ing. Carlos Blas Sánchez, el cual se convirtió en un gran amigo y apoyo.

A mis amigos de atletismo de la Universidad Autónoma de Querétaro, los cuales llevare siempre en mi corazón.

A mi novia Shanty Sharis Magaña, quien, con su amor y apoyo, me sirvió de motivación para concluir esta etapa.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	2
SUMMARY	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
1 INTRODUCCIÓN	13
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Justificación.....	16
1.3 Hipótesis	18
1.4 Objetivos.....	19
1.5 Estructura de tesis	19
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1 Pavimentos	20
2.1.1 Funciones del pavimento	20
2.1.2 Pavimento flexible	21
2.1.3 Pavimento rígido.....	21
2.1.4 Deterioros en pavimentos	22
2.1.5 Pavimento semirrígido.....	22
2.1.6 Observación de patologías	23
2.1.7 Deterioros en pavimentos semirrígidos	24
2.2 Métodos de evaluación de deterioros	27
2.2.1 Normativa SICT	27
2.2.2 Equipos de medición (Método tradicional) de acuerdo a N-PRY-CAR-1-01-002/07	28
2.2.3 Trazo y nivelación de ejes preliminares y definitivos.....	30
2.2.4 Mediciones en campo.....	30
2.2.5 Técnicas de intervención no destructivas.....	31
2.2.6 Sistema de gestión de pavimentos (SGP)	31
2.2.7 Sistema de Gestión Vial (SGV).....	33
2.2.8 Recolección de datos.	35

2.2.9	Análisis de datos	35
2.2.10	Índice de condición del pavimento (ICP)	36
2.3	Geomática	37
2.3.1	Imágenes	38
2.3.2	Fotografía	40
2.3.3	Tipos de fotografías aéreas	40
2.3.4	Fotogrametría	40
2.3.5	Sistema de posicionamiento global (GPS).....	41
2.3.6	Marcos de referencia Terrestre Internacional (ITRF)	42
2.3.7	Red Geodésica Nacional	42
2.3.8	Geoide.....	43
2.3.9	Georreferenciación.....	45
2.3.10	Puntos de control terrestre.....	45
2.3.11	Vehículos aéreos no tripulados (UAV).....	46
2.3.12	Plan de vuelo	47
2.3.13	Procesamiento de imágenes	48
2.3.14	Fotogrametría con UAV.....	52
2.3.15	Pre-procesamiento de imágenes con UAV	54
2.3.16	Procesamiento de imágenes	54
2.3.17	Estudios similares con UAV.....	56
3	METODOLOGÍA	59
3.1	Descripción de la metodología.....	60
3.1.1	Paso uno (P1)	60
3.1.2	Paso dos (P2)	60
3.1.3	Paso tres (P3).....	60
3.1.4	Paso cuatro (P4).....	60
3.1.5	Paso cinco (P5)	61
3.1.6	Paso seis (P6).....	61
3.1.7	Paso siete (P7)	61
3.1.8	Paso ocho (P8).....	61
3.2	Área de estudio.....	61
4	RESULTADOS	63

4.1	Evaluación por método tradicional	63
4.1.1	Inspección visual	63
4.1.2	Detalle del adoquín	65
4.1.3	Identificación de fallas en el pavimento	68
4.1.4	Resultado en resumen del nivel de deterioros de la inspección visual	76
4.1.5	Bancos de nivel y puntos de control.....	83
4.1.6	Capacitación del equipo	83
4.1.7	Adaptación al equipo GPS.....	85
4.1.8	C) Determinación de la ubicación de los puntos	85
4.1.9	E) Postproceso	87
4.1.10	D) Levantamiento de puntos con GPS, mínimo una hora por punto.	88
4.1.11	Plantas longitudinal topográficas	89
4.2	Evaluación del pavimento por método UAV	113
4.2.1	NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-107-SCT3-2019	113
4.2.2	Posición de vuelos UAV	113
4.2.3	Plan de vuelo	115
4.2.4	Ortomosaicos generados	119
4.2.5	fotointerpretación de ortomosaicos	124
4.3	Comparación entre ambos métodos	130
5	CONCLUSIONES	135
6	REFERENCIAS	139
7	APÉNDICE	147
7.1	Permisos solicitados	147
7.2	Anexo Tabla 33 de descripción deterioros.....	160
7.3	Curvas de valores deductivos para pavimento.....	168
7.4	De la inspección visual	170
7.5	Procedimiento Postprocesamiento puntos GPS	211
7.6	Ficha técnica de puntos GPS	218

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de escala y colores sugeridos.....	37
Tabla 2. Propiedades del modelo GGM10	44
Tabla 3. vialidades a evaluar y validar.	62
Tabla 4. Colores asignados de Figura 27 para identificación de vialidades.....	62
Tabla 5. Vialidades a evaluar.	63
Tabla 6. Procedimiento constructivo pavimento adoquín y sección típica	66
Tabla 7. Criterios para inspección visual.	67
Tabla 8. Tipos de deterioros presentados.....	68
Tabla 9. Resultado de evaluación del ICP para Ezequiel Montes.	76
Tabla 10. Resultado de evaluación del ICP para Francisco I. Madero.....	77
Tabla 11. Resultado de evaluación del ICP para Vicente Guerrero.....	78
Tabla 12. Resultado de evaluación del ICP para Av. Corregidora.....	78
Tabla 13. Resultado de evaluación del ICP para Benito Juárez.....	79
Tabla 14. Vialidades evaluadas por inspección visual	81
Tabla 15. Cruzamientos de vialidades.....	82
Tabla 16. Herramientas y equipo para bancos de nivel.....	83
Tabla 17. Ubicación de los puntos GPS.....	86
Tabla 18. Tabla comparativa post-proceso GPS.	88
Tabla 19. Unidades muestra a evaluar ICP.....	90
Tabla 20. Selección de muestras a evaluar por números aleatorios.	91
Tabla 21. Procedimiento básico de levantamiento con estación total	92
Tabla 22. Simbología de plantas longitudinales	94
Tabla 23 Descripción de puntos de deterioros	97
Tabla 24. Descripción de puntos de deterioros	103
Tabla 25 Descripción de puntos de deterioros	106
Tabla 26 Descripción de puntos de deterioros	109
Tabla 27. Descripción de puntos de deterioros	111
Tabla 28. Puntos de despegue y aterrizaje UAV	114
Tabla 29. Especificaciones Phantom 4.	115
Tabla 30. Plan de vuelo general	116
Tabla 31. Plan de vuelo objetivo específico 1.	119
Tabla 32. Plan de vuelo objetivo específico para validación.	119
Tabla 33. Tabla comparativa tamaño de pixel	123
Tabla 34. Comparación entre ambos métodos	130
Tabla 35. Ventajas y desventajas.....	132
Tabla 36. Descripción de deterioros- Inspección visual	160
Tabla 37. Valores de curvas deductivas para evaluación pavimentos.....	168
Tabla 38. Días de medición GPS.....	212
Tabla 39. Estación UQRO.....	213

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bienes inscritos en la lista de patrimonio de la humanidad.....	17
Figura 2. Pavimento semirrígido.....	22
Figura 3. Sección típica de pavimento de piedra.....	23
Figura 4. Deterioro en avenida Corregidora, Santiago de Querétaro, México.....	24
Figura 5. Mal diseño de juntas en los adoquines.....	26
Figura 6. Depresión, avenida Universidad, Querétaro.....	26
Figura 7. Equipo de topografía con nivel topográfico.....	28
Figura 8. Medición con cinta.....	29
Figura 9. Instrumentos de medición, (NTS-391R Estación total).....	29
Figura 10. Componentes de un Sistema de Gestión de Pavimentos Multiobjetivo ..	32
Figura 11.- Sistema de Gestión Vial SCT.....	34
Figura 12. Ejemplo de imagen ráster.....	38
Figura 13. Imagen Vectorial.....	39
Figura 14. Altura ortométrica y altura geoidal.....	41
Figura 15. Estaciones de la RGNA.....	42
Figura 16. Superficies fundamentales de altura geoidal.....	43
Figura 17. Representación de la carta de alturas geoidales del modelo GGM10	44
Figura 18. Punto de control terrestre.....	45
Figura 19. Phantom 4 pro.....	46
Figura 20. Previsualización de orto mosaico y elevaciones.....	55
Figura 21. Comparación de resultados de tres métodos.....	56
Figura 22. Resumen de procesamiento de vuelo con UAV.....	56
Figura 23. Comparación de modelos digitales.....	57
Figura 24. Contrastes de los resultados de la segmentación inicial de baches por el modelo de campo aleatorio de Markov.....	58
Figura 25. Módulo de wavelet y campo de energía construidos componiendo el segundo y tercer nivel de coeficientes de wavelet.....	58
Figura 26. Zona de estudio, intersecciones Calle Ezequiel Montes, Avenida los arcos-Avenida Zaragoza, Avenida universidad y Av. Bernardo Quintana, Querétaro, México.....	61
Figura 27. Vialidades a evaluar en la zona de estudio.....	62
Figura 28. Geometría del adoquín en sitio (cm).....	65
Figura 29. Mapa inspección visual ICP para Ezequiel Montes.....	77
Figura 30. Mapa inspección visual ICP para Francisco I. Madero.....	77
Figura 31. Mapa inspección visual ICP para Vicente Guerrero.....	78
Figura 32. Mapa inspección visual ICP para Av. Corregidora.....	79
Figura 33. Mapa inspección visual ICP para Benito Juárez.....	80
Figura 34. Mapa inspección visual ICP para Miguel Hidalgo.....	81
<i>Figura 35. Resumen I.C.P. mapa inspección visual.....</i>	<i>82</i>
Figura 36 Diagrama de flujo procedimiento levantamiento punto GPS.....	83
Figura 37 Instalación y nivelación del equipo.....	84

Figura 38 Correcto uso de la colectora del GPS.	84
Figura 39. Fin de capacitación.	84
Figura 40 Nivelación del equipo.....	85
Figura 41 Creación de trabajo	85
Figura 42 Toma de datos	85
Figura 43. Croquis localización puntos GPS.....	87
Figura 44. Tramos muestra ICP- Av. Ezequiel Montes.....	95
Figura 45. Planta longitudinal Av. Ezequiel Montes	96
Figura 46. Reporte fotográfico Av. Ezequiel Montes	97
Figura 47. Tramos muestra ICP- Calle Francisco I. Madero	98
Figura 48. Planta longitudinal calle Francisco I. Madero	99
Figura 49. Reporte fotográfico calle Francisco I. Madero	100
Figura 50. Tramos muestra ICP- Calle Vicente Guerrero	101
Figura 51. Planta longitudinal Calle Vicente Guerrero.....	102
Figura 52. Reporte fotográfico calle Vicente Guerrero	103
Figura 53. Tramos muestra ICP- Av. Corregidora	104
Figura 54. Planta longitudinal Av. Corregidora.....	105
Figura 55. Reporte fotográfico Av. Corregidora	106
Figura 56. Tramos muestra ICP- calle Benito Juárez	107
Figura 57. Planta longitudinal calle Benito Juárez.....	108
Figura 58. Reporte fotográfico calle Benito Juárez	109
Figura 59. Tramos muestra ICP- calle Miguel Hidalgo	110
Figura 60. Planta longitudinal calle Miguel Hidalgo	111
Figura 61 Resumen levantamiento topografía deterioros Calle Miguel Hidalgo	112
Figura 62. Procedimiento creación ortomosaico Agisoft PhotoScan.	120
Figura 63. Ortomosaico av. Ezequiel Montes	120
Figura 64. Ortomosaico Calle Francisco I. Madero.....	121
Figura 65. Ortomosaico Calle Vicente Guerrero	121
Figura 66. Ortomosaico de Av. Corregidora	122
Figura 67. Ortomosaico Calle Miguel Hidalgo.....	123
<i>Figura 68. Aplicación de técnicas de mejoramiento de imagen a ortomosaico</i>	<i>124</i>
Figura 69. Deterioros UAV Av. Ezequiel Montes	125
Figura 70. Ortomosaico espectral Av. Ezequiel Montes.....	125
Figura 71. Deterioros UAV calle Francisco I. Madero.	126
Figura 72. Ortomosaico espectral calle Francisco I. Madero.....	126
Figura 73. Deterioros UAV calle Vicente Guerrero.....	127
Figura 74. Ortomosaico espectral calle Vicente Guerrero.....	127
Figura 75. Deterioros UAV Av. Corregidora.....	128
Figura 76. Ortomosaico espectral Av. Corregidora	128
Figura 77. Deterioros UAV Calle Miguel Hidalgo	129
Figura 78. Ortomosaico espectral calle Miguel Hidalgo.....	129
Figura 79. Comparación entre ambos métodos.	130

Figura 80. Nube de puntos densa calle Ezequiel Montes	134
Figura 81. Levantamiento en sitio.	136
Figura 82. Levantamiento estación total.	136
Figura 83. Persona impide lectura de estación total.	136
Figura 84. Fotointerpretación de deterioros.	137
Figura 85. Metodología final UAV.	138

1 INTRODUCCIÓN

Los pavimentos más utilizados a nivel internacional son los flexibles y rígidos, causando innumerables investigaciones con respecto a ellos, sin embargo, existe poca información con respecto a los pavimentos semirrígidos. Esto representa un desafío para los diseñadores de pavimentos de los organismos públicos, ya que las normas y guías son limitadas, y no se encuentran en disponibles, sin embargo, algunas organizaciones públicas como el Comité de Transporte y Medio Ambiente de Edimburgo (2018) o el Instituto de Marmol de America (2016), los cuales dan algunas consideraciones generales.

Un pavimento de piedra natural o adoquín da un atractivo de alta calidad al aspecto del paisaje urbano en las ciudades o centros históricos, este es de alta calidad con una larga vida útil de diseño de acuerdo con Autelitano *et al.* (2020), pero no se limita a sus aspectos artísticos y culturales sino que también favorece la economía de su ubicación según Bedate *et al.* (2004), por lo que es usado desde la época romana Garilli *et al.* (2017), como lo fue en Pompeya Poehler (2017), actualmente los pavimentos semirrígidos son utilizados con éxito para vialidades de bajo volumen vehicular, carreteras urbanas y zonas peatonales Beuving *et al.* (2005).

Todos los pavimentos están expuestos a daños constantes, por las condiciones meteorológicas y mecánicas que los rodean, por lo que, es importante identificar los tipos de deterioros que se presentan en los pavimentos semirrígidos, buscando determinar de manera eficiente los mantenimientos, planificación y rehabilitación de los mismos de acuerdo con Ramos-Romero *et al.* (2019). Las redes urbanas actuales, en los centros históricos, son áreas comúnmente concurridas por lo cual cuentan con un alto aforo vehicular y peatonal, que dificultan los trabajos de mantenimiento, realizados de una manera rápida debido a su mal estado, esto conlleva a que los gobiernos municipales corrijan los deterioros de los pavimentos, con tratamientos superficiales de corta duración, por la falta de información como se mencionó anteriormente y que desconocen el estado actual de la red de

pavimento que se requiera evaluar. Así mismo, se ha realizado investigación del estado de la red para pavimentos flexibles y rígidos en diversas investigaciones con técnicas modernas como lo son Quispe (2020); Flórez (2021); Dadrasjavan *et al.* (2019); Vargas (2019) y Nasiruddin *et al.* (2021), con el uso de *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), o comúnmente conocidos como drones Cruz *et al.* (2019) o Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) por la norma oficial mexicana NOM-107-SCT3-2019, con el cual se mejora en calidad, costo y tiempo del estudio de la red según lo investigado por Otero *et al.* (2010), logrando así optimizar los recursos de los gobiernos obteniendo además, precisión y confiabilidad. Este tipo de tecnologías (UAV), tienen otros beneficios, entre los que están:

- a) Emiten menos contaminantes a la atmosfera.
- b) Disminuye el riesgo del personal al no ingresar directamente sobre la zona de estudio.
- c) Son de bajo costo y continúa avanzando su tecnología por lo que, se han vuelto muy populares, gracias a los avances tecnológicos de sistemas microelectromecánicos (MEMS) que utilizan sensores en miniatura y a muy bajo costo para la estimación de orientación Kriz *et al.* (2015).

Mediante esta tesis se innova en la evaluación y análisis del deterioro de los pavimentos semirrígidos en zonas históricas patrimoniales haciendo uso de UAV, debido a que estos han sido escasamente evaluados, con la obtención de imágenes, que a su vez serán procesadas para obtener una clasificación del nivel de deterioro de una vialidad, así mismo compararla con el método tradicional buscando mejorar el tiempo y la precisión de la obtención de los datos a fin de actualizar a las instancias encargadas de realizar dichas evaluaciones, para preservar el patrimonio cultural.

1.1 Descripción del problema

El centro histórico de Querétaro pertenece al patrimonio cultural de México y al patrimonio cultural de la UNESCO, este último inscrito en el año de 1996 con referencia 792, UNESCO (2020) dice que “*conserva su núcleo indígena primigenio*

de calles serpenteantes junto con los barrios trazados con arreglo a un plan geométrico por los conquistadores españoles. Otomís, tarascos, chichimecas y españoles cohabitaron pacíficamente esta ciudad, reputada por sus innumerables edificios civiles y religioso de estilo barroco, que datan de la edad de oro siglos XVII y XVIII"; por lo anterior, el uso constante de las vialidades que rodean al centro histórico, hace necesario priorizar las acciones de mantenimiento, ya que, es un tema de suma importancia para los servicios de planificación, mantenimiento y rehabilitación.

De acuerdo con Ramos-Romero et al. (2019), aproximadamente el 16% de los accidentes de tránsito están asociados con deterioros de los pavimentos, por lo cual debemos evaluar las causas y soluciones de los deterioros del pavimento para mejorar la seguridad en la conducción de los usuarios. Para poder calificar el estado de la red a nivel nacional la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, realiza auscultación, con equipos de alta medición y confiabilidad, sin embargo, las dependencias locales, realizan la auscultación por inspección visual, pero en muchos casos sin ninguna visita previa, esto en ocasiones debido a los recursos limitados. Con los distintos tipos de modelos se puede predecir la planificación presupuestaria y evitar tomar decisiones políticas o de presión social con niveles inadecuados de conocimiento del estado actual y futuro de la red, y el nivel de costos asociados Ribeiro et al. (2019). La falta de un correcto método de evaluación en el centro histórico, impide sentar un antecedente a futuras fallas que puedan aparecer y dar un panorama de la causa de las mismas, ya que estas se deben analizar en cualquier momento, se ha demostrado en Melo et al. (2000) que, además se pueden crear planos de deterioros de cada unidad segmentada, marcando el tipo de deterioro encontrado como sus coordenadas para su posterior mantenimiento correctivo.

Por lo anterior mencionado y a la falta de información de pavimentos semirrígidos, es necesario desarrollar un diagnóstico rápido y eficaz del estado de las calles en el centro del municipio de Querétaro al darle a este las estrategias adecuadas para

mantener y rehabilitar sus vialidades, de acuerdo con Ribeiro et al. (2019) y Ryu et al. (2015) con un método diferente de evaluación ya que los actuales son muy costosos, requieren de mayor tiempo y personal para los diferentes deterioros que se presenten en las vialidades, lo que resultará en la disminución de costos de mantenimiento al optimizarlos, (Bull, 2002) demostró que, un país que permite el deterioro de sus vialidades genera sobrecostos de operación vehicular que oscila entre el 1 y 3 % de su producto interno bruto nacional.

1.2 Justificación

Las leyes mexicanas, como lo es la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, en sus artículos: art. 6 inciso VI, art. 10 inciso y XXII, art. 37 inciso XI, art. 53 inciso V, art 93 inciso V y art 101 inciso VI, incentivan a la preservación y protección del patrimonio cultural a través de la fomentación de inversiones o acciones que se destinen al mismo; con base en lo anterior México participa en el “Plan de Acción para el Patrimonio Mundial en México y América Central (PAMAC), 2018-2023”, que para las actividades a realizar de este protocolo contribuyen en el inciso: *A1.2 “Integración de los principios y lineamientos para la conservación y el manejo del patrimonio natural y cultural de la Convención del Patrimonio Mundial dentro de las políticas públicas.”*, debido a que en los resultados esperados, se pretende que mediante esta investigación, se busque diagnosticar de manera rápida y precisa la evaluación del estado de las vialidades que requiere el centro histórico de Querétaro, a través del gobierno municipal, estatal o federal.

De acuerdo con Martínez (2016), los mexicanos contamos con un sentido de propiedad hacia nuestra infraestructura, que, aunque es objetiva, al ser una apropiación simbólica que, relacionamos con los bienes valiosos con los que contamos, que pueden ser intangibles, como: la charrería y el mariachi, o tangibles como los templos antiguos y las vialidades que los rodean, mismos que se busca sean conservados y preservados para que continúen perteneciendo al patrimonio

cultural, por lo anterior para salvaguardar los valores físicos o intrínsecos de una estructura se debe optar por utilizar técnicas no destructivas como la fotogrametría mediante vehículos aéreos no tripulados que tiene casos de éxito en México como se menciona en los antecedentes mismas que ofrecen la ventaja de la representación digital completa de cualquier objeto y la obtención definida, rápida, fácil interpretación y a bajo costo de la información geométrica y física recabada.

De acuerdo con la UNESCO (2020), México es el séptimo país con mayor número de patrimonios a nivel mundial, con 35 sitios declarados patrimonio de la humanidad mostrado en la Figura 1. De estos 35 sitios, 27 son patrimonios culturales, cinco patrimonios naturales, dos como patrimonio mixto y una isla en área protegida de acuerdo con UNESCO (2020), de los 27 patrimonios culturales que se mencionan: El centro histórico de México y Xochimilco, el centro histórico de Oaxaca, el centro histórico de Puebla, la ciudad histórica de Guanajuato, el centro histórico de Morelia, el centro histórico de Zacatecas, Zona de monumentos históricos de Querétaro, zona de monumentos históricos de Tracotalpán, la ciudad histórica fortificada de Campeche y la villa protectora de San Miguel el grande y Santuario de Jesús Nazareno de Atotonilco, están diseñados con pavimento semirrígido de piedra, en los que se requiere conocer cuáles son los tipos de fallas comunes, para un eficiente sistema de mantenimiento.

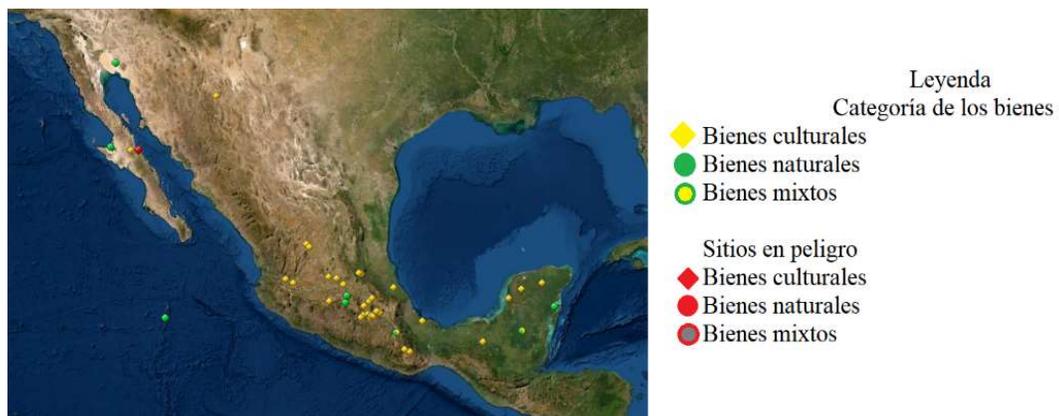


Figura 1. Bienes inscritos en la lista de patrimonio de la humanidad.

Fuente: Unesco (2020)

Las vialidades de los patrimonios culturales de México en donde se encuentran los centros históricos, están elaboradas con piedra o adoquín, el cual está clasificado como un pavimento semirrígido, que tiene excelentes características técnicas y funcionales, junto con la flexibilidad del tamaño y las características inherentes capaces de determinar colores, texturas y resultados estéticos únicos, han hecho que la piedra natural o adoquín se vuelvan el material de pavimentación por lo investigado por Garilli *et al.* (2017) desde la época romana, este mismo es usado en la red de vialidades del en la Zona de monumentos históricos de Querétaro. Se ha demostrado en las investigaciones realizadas por Orenday *et al.* (2018) y Orenday *et al.* (2019) que, en México ha surgido desde hace unos años líneas de especialización, centradas en los edificios patrimoniales desde el punto de vista ingenieril, este patrimonio como muchos en el país requieren de la necesidad de ser evaluados y monitoreados para realizar en ellos trabajos de conservación, pero estos al contar con alto valor cultural tienen restricciones como lo es su diagnóstico.

Durante la operación de las calles inciden distintas variables que van disminuyendo el desempeño y de igual manera disminuyen los niveles de servicio para lo que fueron diseñadas sin importar el tipo de pavimento con el que fueron construidas flexible, rígido o semirrígido. Hasta el momento no existen información suficiente para pavimentos semirrígidos, con el cual existe la necesidad de realizar este tipo de investigaciones con el fin de evaluar y analizar el deterioro de los pavimentos semirrígidos en zonas históricas patrimoniales haciendo uso de tecnologías que mejoren la precisión, calidad, tiempo y seguridad como lo son los UAV.

Con base a lo ya descrito se propone que esta investigación plantee la posibilidad de analizar con un tiempo menor que al procedimiento actual de diagnóstico y evaluación.

1.3 Hipótesis

El tiempo del diagnóstico y la precisión en la evaluación del deterioro de los pavimentos del método tradicional (Equipo de topografía e inspección visual), con

respecto al método de análisis fotogramétrico con el uso de unidad aérea no tripulada disminuye en un 90% en infraestructura histórica patrimonial.

1.4 Objetivos

Generar una metodología nueva para evaluar el deterioro del pavimento mediante una unidad aérea no tripulada que permita disminuir el tiempo y la precisión con respecto a los métodos tradicionales

Específicos

Hacer un diagnóstico de las siguientes vialidades con base en la metodología tradicional y la metodología propuesta: Principal: Av. Ezequiel Montes, secundaria: Calle: Madero, Colectora: Calle Guerrero.

Realizar la validación de la metodología con base en las siguientes vialidades entre la metodología tradicional y la metodología propuesta: Principal: Av. Corregidora, secundaria: Calle: Juárez, Colectora: Calle Hidalgo.

1.5 Estructura de tesis

La tesis está organizada de la forma siguiente:

- ✓ Capítulo 1 es sobre la introducción, descripción del problema, justificación, hipótesis y objetivos
- ✓ Capítulo 2 es sobre la fundamentación teórica (Pavimentos, métodos de evaluación de deterioros y geomática).
- ✓ Capítulo 3 es sobre la metodología
- ✓ Capítulo 4 es sobre los resultados
- ✓ Capítulo 5 es sobre las conclusiones

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el este apartado se documenta la información necesaria de la investigación como lo son las variables, los parámetros o conceptos relacionados con la detección de deterioros en los pavimentos semirrígidos del centro histórico de la ciudad de Santiago, Querétaro a través de vuelos aéreos no tripulados y generar con la información interpretada más criterios establecidos una metodología para evaluar las vialidades y detectar los tipos de deterioros.

2.1 Pavimentos

De acuerdo con Solanki *et al.* (2017) los pavimentos se clasifican en flexibles, rígidos y semirrígidos, siendo los primeros dos los más usados, el termino rígido se asocia a pavimentos donde la estructura ultima está hecha de concreto hidráulico, la diferencia entre ambos, es la distribución y forma de la presión vertical sobre las capas inferiores. De acuerdo con Garnica *et al* (2002) un pavimento rígido dispersa la presión en la capa de concreto, disminuyéndose en las capas inferiores, el pavimento flexible ejerce presión concentrada más cerca del área de contacto con la carga.

2.1.1 Funciones del pavimento

De acuerdo con Garnica *et al* (2002), las funciones son las siguientes:

- a) Dar una superficie de rodamiento cómoda, segura y de propiedades permanentes bajo las cargas continuas del tránsito en toda la vida útil, en las que los trabajos de conservación deben ser mínimos y con un gasto relativamente menor.
- b) soportar las cargas vehiculares proyectadas en la vida útil de la carretera y disipar las presiones verticales ejercidas por las cargas, por lo que a las capas inferiores reciban menores cargas, compatibles con su capacidad de soporte. Las deformaciones recuperables (elásticas ó resilientes) que se produzcan tanto en la subrasante como en las otras capas del pavimento deberán ser admisibles,

considerando la repetición de cargas y la resistencia a la fatiga de los materiales y de la losa de concreto.

- c) Cuidar las capas inferiores del pavimento de los efectos de las condiciones climáticas y, en particular, de las lluvias. En zonas de temperaturas bajas el pavimento de concreto tiene las propiedades de dar protección contra los efectos de la helada y deshielo.

2.1.2 Pavimento flexible

De acuerdo con la Norma N·CTR·CAR·1·04·006/09, los pavimentos flexibles son *“aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Tiene la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento”*.

Estructuralmente la carpeta asfáltica absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales, distribuyéndolo a las capas inferiores deformándose esta, pero recuperando su forma sin que esta llegue a un punto de falla.

2.1.3 Pavimento rígido

De acuerdo con la Norma N·CTR·CAR·1·04·009/06, los pavimentos rígidos *“son las carpetas de concreto hidráulico son las que se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Pórtland y agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Tienen además la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento”*.

Se pueden construirse de tres diferentes maneras:

- a) Losas de concreto hidráulico con juntas
- b) Losas de concreto hidráulico con refuerzo continuo
- c) Losas de concreto presforzado

Se caracteriza porque la superficie de rodamiento del pavimento rígido está elaborada por losas de concreto hidráulico, la cual distribuye las cargas que ejerce el tránsito hacia las capas inferiores a través de toda la superficie de la losa, por su rigidez distribuye las cargas verticales sobre mayor área con bulbos de presión reducidos.

2.1.4 Deterioros en pavimentos

Se ha demostrado en Ramos-Romero et al. (2019) que, las causas del daño en general para cualquier pavimento, se agrupan en dos categorías:

- a) Meteorológicas: Incluye los efectos del agua, la lluvia, la nieve, el granizo y las fluctuaciones de temperatura a las que está expuesto el pavimento.
- b) Mecánicas: son las consecuencias de la interacción directa entre el contacto del neumático con la carretera, ya que las propiedades físicas y mecánicas cambian con la tracción, por ejemplo, las variaciones de densidad, rugosidad, defectos en la microestructura o macroestructura relacionados con la resistencia al deslizamiento

2.1.5 Pavimento semirrígido

El Instituto Natural de Piedra (2020) define a los semirrígidos como pavimentos compuestos por adoquines en bloques o segmentados de diferentes formas preformados de ladrillo, concreto o piedra natural, otra definición técnica está relacionada a pavimentos en los que la capa superficial está elaborada por unidades individuales de piedra formada y concreto, colocadas juntas entre sí.

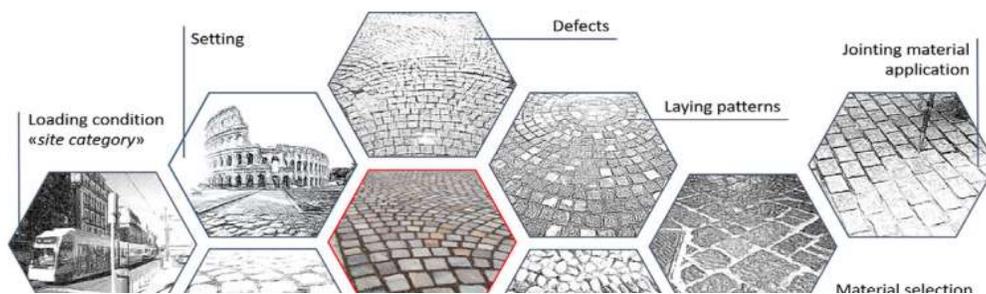


Figura 2. Pavimento semirrígido

Fuente: Autiletano *et al.* (2020)

Los pavimentos de piedra pertenecen a la familia más amplia de los pavimentos elementales o segmentados, es decir, pavimentos en los que la capa superficial está formada por unidades individuales colocadas juntas entre si e incrustadas en una capa o capa de tendido ligada o no ligada, estos deben de contar con ciertas especificaciones que van de acuerdo al uso final del pavimento, técnica de construcción, dimensión, forma y textura lateral del adoquín, cargas inducidas, el usuario predominante (peatón, ciclista o vehículo) y la zona en que se inserta el pavimento (privado, residencial, histórico o parque), el sistema de tensiones a las que el pavimento es capaz de resistir, cargas superficiales y cargas secundarias, y las acciones de la intemperie (Radiación UV, alta/baja temperatura, nieve, lluvia) o agresión de sustancias químicas (Contaminación atmosférica, sales, lubricantes o combustibles), estas especificaciones sirven para diseñar el pavimento de forma adecuada.

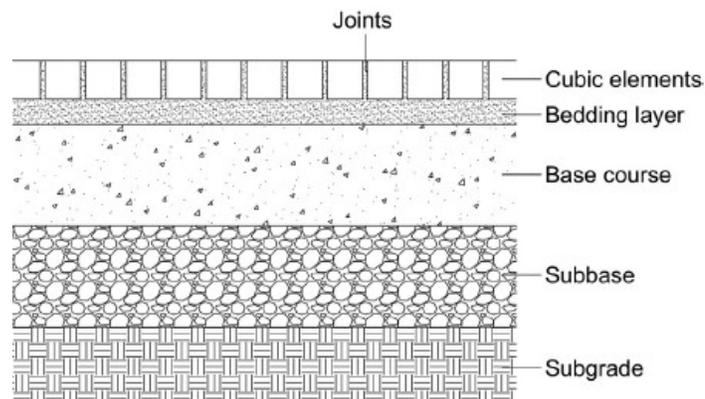


Figura 3. Sección típica de pavimento de piedra.

Fuente: Garilli *et al.* (2020)

2.1.6 Observación de patologías

La patología constructiva es, de acuerdo con Cedeño (2009) es la “*ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en un edificio o en alguna de sus unidades después de su ejecución*”, por lo tanto, se estudia el deterioro que se observa en una estructura, misma que puede aparecer en corto plazo o a largo plazo una vez terminada la obra, estos deterioros pueden ocasionarse por el tiempo, la

intemperie, por algún desastre natural, como sismos o fallas geológicas o por causas antropogénicas.

2.1.7 Deterioros en pavimentos semirrígidos

Auiletano *et al.* (2020) demostró que, los pavimentos semirrígidos de piedra adoquín los principales defectos pueden ser causados por tensiones mecánicas y físico químicas, pero también por un diseño, instalación (mano de obra) y mantenimiento deficientes o inexactos.



Figura 4. Deterioro en avenida Corregidora, Santiago de Querétaro, México.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con Garilli *et al.* (2020), los deterioros de los pavimentos segmentados se pueden dividir en tres macro categorías:

- a) Desplazamientos verticales que pueden ocurrir de forma más o menos extensa en un área pavimentada (depresiones, fallas, arcadas y surcos); estos daños se deben principalmente a las elevadas cargas verticales sobre el pavimento junto con la falta de capacidad portante de las capas más profundas.
- b) Desplazamientos horizontales debido a la componente horizontal de las cargas vehiculares transmitidas en condiciones de adherencia al pavimento principalmente durante el frenado, aceleración y dirección, lo que provoca la reubicación de los bloques (fluencia horizontal). Por tanto, es necesaria una

buena cohesión entre los elementos del pavimento y la inserción de ataduras de borde para evitar estos fenómenos.

- c) Un tercer tipo de angustia se refiere a la fractura de los bloques debido a la selección incorrecta de los materiales usados.

Sin embargo, una interacción entre las causas del deterioro es recurrente: los errores en el diseño de las capas de pavimento provocan un desplazamiento vertical de los elementos, lo que, a su vez, conduce a su falta de cohesión y viceversa, con la generación de otro tipo de malestar como un ancho excesivo de las juntas, pérdida de relleno y bombeo de las juntas, falta de adoquines y parcheo.

Otros factores que afectan la integridad de los pavimentos semirrígidos, por su naturaleza y estado, como:

- a) Tráfico de vehículos: El continuo rodar de las ruedas genera baches y hace que el adoquín se rompa.
- b) Turismo: Los espectáculos y eventos culturales tienen lugar en sitios históricos, y en muchos casos, esto implica la introducción de remolques y otros equipos pesados que pueden provocar el movimiento y hundimiento de piedras.
- c) La rehabilitación de la infraestructura urbana: Como en el caso anterior, esta actividad implica la presencia de vehículos y grúas que pueden impactar gravemente el pavimento.

2.1.7.1 espaciamiento entre juntas transversales

La alteración del ancho de las juntas resulta en el incremento en el agrietamiento de las losas y adoquines. Que por lo investigado en (Darter et al. (2005) coincide con incontables observaciones en las zonas de obra, donde las losas más largas se agrietan más temprano que las losas más cortas en pavimentos con espaciamiento variable entre juntas. Hay afectaciones en el agrietamiento transversal, mismo que afecta al pavimento ya que genera un número mayor de grietas en cada losa.

2.1.7.2 Juntas en los adoquines

De acuerdo con Autiletano *et al.* (2020), ha demostrado que las juntas representan una de las partes importantes del sistema de la pavimentación compuesta, la función de estas es: Estabilizar los elementos, transmitir y disipar las cargas, controlar la evacuación de agua y contribuir a la calidad estética del pavimento. Estas juntas pueden ser rígidas o flexibles, mismas que deberán ser diseñadas para que no exista inconsistencia entre ellas tales como se muestra en la Figura 5.

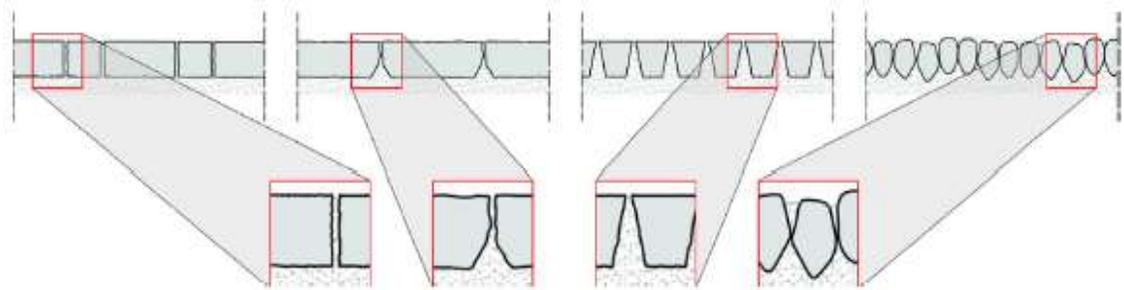


Figura 5. Mal diseño de juntas en los adoquines

Fuente: Autiletano *et al.* (2020),

2.1.7.3 Depresiones

También conocidos como “baches”, se definen como una depresión en forma de cuenca en la parte superior del pavimento y su dimensión mínima en planta es de 150 mm, de acuerdo con Ryu *et al.* (2015), estos son pistas importantes que indican defectos estructurales



Figura 6. Depresión, avenida Universidad, Querétaro.

Fuente: Elaboración propia

2.2 Métodos de evaluación de deterioros

2.2.1 Normativa SICT

La Norma N-PRY-CAR-1-01-002/07 norma es del libro de proyectos, con tema de carretera, parte de estudios y de título “Estudios topográficos”, con capítulo “Trazo y nivelación de ejes para el estudio topográfico”, de la Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes.

La Norma tiene criterios generales para realizar trazo y nivelación de ejes preliminares y finales de la carretera, de obras de drenaje y de elementos especiales, dicha Norma es necesaria para quien realice proyectos geométricos y de terracerías, para el caso de que las realice la Secretaría, con sus recursos o mediante algún contratista. Misma que esta referenciada a la Norma N-PRY-CAR-1-01-001 “Ejecución de estudios topográficos y aerofotogramétricos para carreteras”.

La N-PRY-CAR-1-01-001/07, indica que, para realizar un estudio topográfico para un proyecto de carretera, los conjuntos de trabajos necesarios para trazar, nivelar y referenciar el eje, generalmente es en anchos de 50 a 200 m, de acuerdo al tipo de terreno y de la carretera a proyectar.

2.2.1.1 Personal y equipo de topografía

De acuerdo con la N-PRY-CAR-1-01-002/07, *“el personal y el equipo para el levantamiento debe cumplir los siguientes requisitos:*

- a) *El personal debe estar especializado en los tipos de trabajos a realizar.*
- b) *El responsable técnico debe ser un ingeniero con estudios en topografía y experiencia en vías terrestres*
- c) *El equipo estará integrado cuando menos por:*
 - 1-*Un tránsito y un nivel de mano el cual se utilizará para el trazo y la nivelación de los ejes,*
 - 2-*Así mismo de una estación total del tipo electroóptico, con prismas reflectores y aproximación mínima en las distancias de $2\text{mm}\pm 3\text{ppm}$ y 1 segundo en los ángulos, así como de un nivel fijo automático para la nivelación de los ejes”.*

La NORMA Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo, nos permite conocer dentro de su contenido el equipo de seguridad requerido para este tipo de trabajos, que de acuerdo a la Tabla 5 de la NOM-031-STPS-2011, para TOPOGRAFO Y CADENERO, se requiere del siguiente equipo:

- a) Calzado de alto impacto
- b) Chaleco reflejante

2.2.2 Equipos de medición (Método tradicional) de acuerdo a N-PRY-CAR-1-01-002/07

De acuerdo con Nickerson (1994) y Arias *et al.* (2005), mencionan que la documentación geométrica de elementos patrimoniales se implementa mediante diversas técnicas de extracción de datos. Los instrumentos manuales, como cintas métricas, plomada y distanciómetros láser, se utilizan ampliamente por razones económicas y porque su uso no requiere formación.

2.2.2.1 Nivel topográfico

Este al igual que la estación total es un instrumento muy usado en la topografía y en la medición de carreteras diariamente, pues nos permite medir las alturas de dos puntos con distintas distancias (cotas), comprobar que estos se encuentren a las cotas que se buscan, medir distancias entre un punto específico y el nivel. Los hay de dos tipos, manual y automático que los diferencia si el operador lo tiene que calibrar o no. La precisión me la da el estadal, siendo el más preciso el de tipo “prisma”, ya que refleja el láser al centro, ay otros tipos de estadales con menor precisión. De acuerdo con la Norma N-PRY-CAR-1-01-002/07, la nivelación con nivel topográfico se refiere a los trabajos para determinar en el campo las elevaciones de todos los puntos características replanteados, de las estaciones con cadenamiento cerrados a cada 20 metros y de los puntos de inflexión o singulares que generen una alteración en la pendiente del terreno.



Figura 7. Equipo de topografía con nivel topográfico.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2 Cinta métrica

La medición con cinta métrica, de acuerdo con Morales (2015), es la operación de medir una distancia de un punto a otro que también puede denominarse en caminos como “cadenear”, las cintas pueden estar elaboradas de distintos materiales, variar en peso y en longitud, siendo las más comunes con de 5, 20, 25, 30 y 50 metros

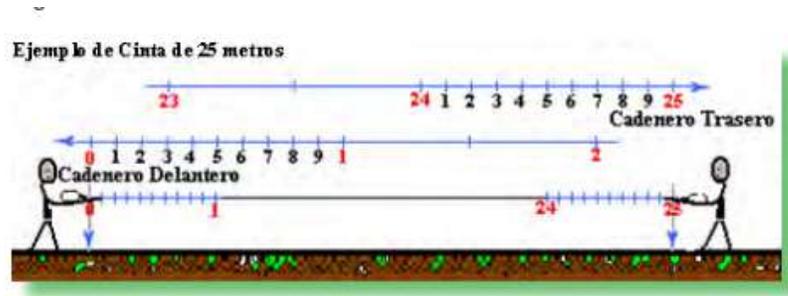


Figura 8. Medición con cinta

Fuente: Morales (2015)

2.2.2.3 Estación total

Este enfoque requiere taquímetros, estaciones totales o estaciones totales robotizadas de acuerdo con Kvamme *et al.* (2006). Estas técnicas permiten digitalizar los elementos y asociar sus geometrías con formas simples. Cada vértice se identifica con sus coordenadas espaciales de modo que la unión de los puntos da como resultado un modelo de estructura alámbrica. Cuando algunos de los puntos



Figura 9. Instrumentos de medición, (NTS-391R Estación total)

Fuente: Liu *et al.* (2021)

son inaccesibles (por ejemplo, partes superiores de la fachada o cornisas), es posible confiar en métodos de intersección, Pazos (1996). Además, si el dispositivo incorpora tecnología láser, es posible medir estas distancias sin utilizar un reflector. Según Yilmaz *et al.* (2008) esta técnica es adecuada para documentar un sitio.

Liu et al. (2021) define a la estación total como un instrumento con precisión en la medición de $\pm 1\text{mm}$ y $+ 1\text{ppm}$ con un tipo de seguimiento: 0.15 s, que se utiliza para la recopilación de datos como lo son ángulos, distancias, alturas, coordenadas con puntos de control de manera terrestre, utilizado en la topografía que a través de una computadora se puede realizar el procesamiento de la información,

También se les denomina teodolitos electro-ópticos puesto que son la versión más avanzada de los teodolitos que han dejado de usarse. Este instrumento a partir de marcas puestas en discos transparentes es capaz de medir ángulos. Mediante ondas electromagnéticas es capaz de medir distancias, a través de un prisma ubicado en el punto a medir, va y regresa con distintas frecuencias que rebotan en el prisma, calculando el desfase entre las ondas y el instrumento. Existen diferentes tipos de estaciones y varias estaciones totales tienen la capacidad de medir "a sólido", con lo que no es necesario el prisma reflectante.

2.2.3 Trazo y nivelación de ejes preliminares y definitivos

De acuerdo con la N-PRY-CAR-1-01-002/07, *“dentro del área a evaluar se ubicarán en el terreno puntos característicos del eje por trazar, tales como puntos sobre tangente (PST), puntos de inflexión (PI), cuando se trate de un eje preliminar, con base en coordenadas horizontales (X, Y), previamente calculadas y verificadas.*

Cuando no se cuente con las coordenadas (X, Y, Z), del punto de origen, se podrá utilizar la utilización de una base con dos puntos establecidos mediante GPS.

Cada punto característico e identificado se marcará mediante un trompo con tachuela, que no sobresalga del terreno a más de 2 cm, con pintura roja, cuando se trate de un eje preliminar y azul cuando sea definitivo.

Se marca sobre el eje, mediante estacas, los puntos de las estaciones con cadenamiento cerrados a cada 20 metros.

La nivelación con el nivel topográfico, consiste en obtener elevaciones del terreno natural, mediante nivelación diferencial, de sus estaciones con cadenamiento cerrados a cada veinte metros y/o puntos singulares, en cambios en la pendiente de terrenos cuando se presenten desniveles mayores de cincuenta centímetros”.

2.2.4 Mediciones en campo

De acuerdo con la Norma N-PRY-CAR-1-01-002/07, *“todas las mediciones de distancias y de ángulos en el campo, se harán con aproximación de 1 cm y de 1*

minuto, respectivamente. Con respecto a los bancos de nivel se determinarán con aproximación de 1 mm y de los ejes trazados de 1 cm”.

2.2.5 Técnicas de intervención no destructivas

En México existen investigaciones enfocadas en intervenciones no destructivas, como se ha demostrado en Peña (2008), al hablar de una infraestructura histórica, se habla de la recuperación del patrimonio de manera minuciosa y cuidando protegerla al máximo, donde se requiere de proyectos y especialistas en el área para la elaboración de estos, con el fin de que sean los de mayor calidad y se apliquen de manera correcta. Para efectuar los trabajos requeridos para una restauración o conservación se debe entender el todo y se deberá comenzar con un análisis diagnóstico y evaluación del estado del mismo de manera cualitativa y cuantitativa.

2.2.6 Sistema de gestión de pavimentos (SGP)

De acuerdo con Chang (2020) y (AASHTO, 1993), la cual es la abreviación de las siglas en inglés de *“American Association of State Highway and Transportation Officials”* (AASHTO), quien define a un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) como: *“una serie de herramientas o métodos que asisten a quienes toman decisiones a encontrar estrategias óptimas para proporcionar, evaluar, y mantener los pavimentos en condiciones de serviciabilidad durante un período de tiempo”*

El SGP a nivel internacional es un proceso/método de análisis y para determinar la continuidad de una buena infraestructura vial, los sistemas de mantenimiento dan la oportunidad a los evaluadores de escoger los tipos de estrategias, la mejor y con ello predecir el impacto del control de mantenimiento y/o rehabilitación en las condiciones futuras de la infraestructura vial.

El SGP es un proceso jerárquico que se compone de cuatro niveles o etapas de implementación: enfoque, análisis, evaluación y selección de parámetros. La toma de decisiones, tiene como proceso, el fin de alcanzar varios objetivos técnicos, económicos y ambientales.

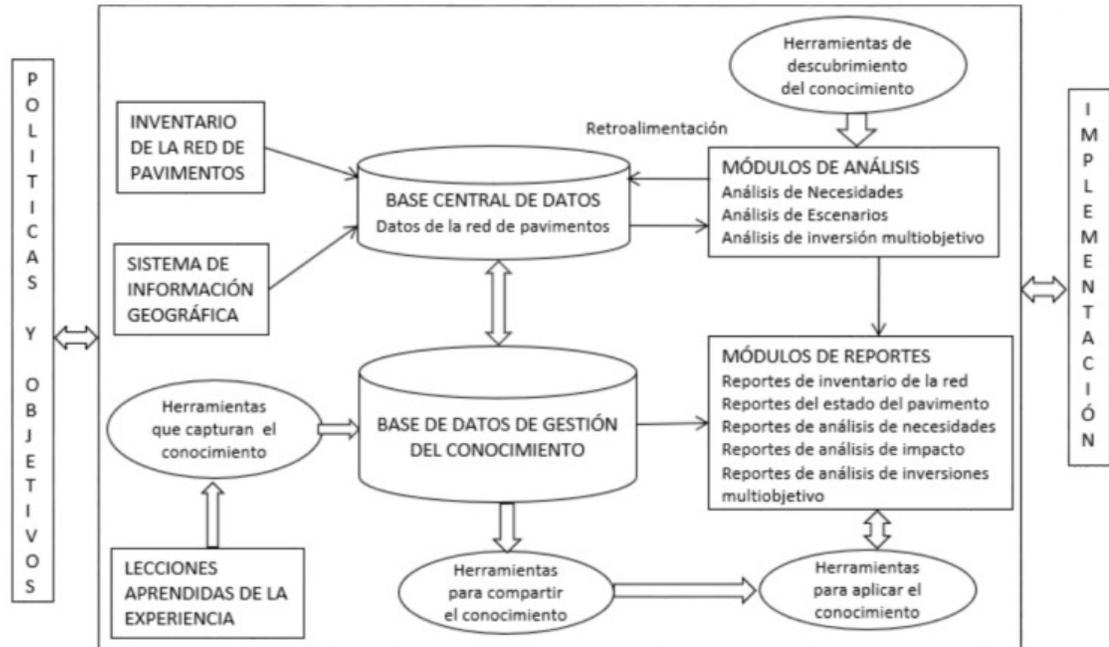


Figura 10. Componentes de un Sistema de Gestión de Pavimentos Multiobjetivo

Fuente: Chang (2020)

El proceso es un aspecto prospectivo de la valoración del ciclo de vida del pavimento y generalmente se lleva a cabo en las redes de autopistas federales, aunque algunos estudios se han centrado en las redes de carreteras urbanas. Durante la etapa de análisis, el método de análisis más conocido y aplicado con mayor frecuencia es el SGP, el cual es un método eficaz para sacar el máximo provecho de los fondos públicos disponibles para el mantenimiento de carreteras y puede describirse como un conjunto coordinado de actividades destinadas a equiparar los fondos públicos con pavimentos lisos, seguros y económicos. Ha habido algunos estudios a lo largo de los años que han introducido nuevas formas de implementar este proceso. Estos incluyen el uso de un algoritmo genético (GA) para identificar las mejores soluciones, utilizando el Índice Internacional de Rugosidad en la evaluación y utilizando un análisis de red que incluye los costos

operativos indirectos incurridos por los vehículos urbanos. El SGP se basa en la información de entrada y cuanto mayor es la calidad de esta entrada y más fácil de obtener, más eficaz es el SGP. Este documento analizará un enfoque diferente para obtener información de entrada para el sistema a bajo costo. De acuerdo con Inzerillo *et al.* (2018), la categoría, evaluación, en la Figura 10, se lleva a cabo midiendo parámetros de desempeño que requieren mediciones confiables de las características geométricas de las fallas.

Cuando se utilizan estas tecnologías y técnicas de alto costo, los costos de las encuestas condicionales son tan considerables que el gasto debido al SGP generalmente no es sostenible en áreas urbanas ni en redes locales. Sin embargo, estas redes suelen tener el mayor número de accidentes. Además, se ha demostrado que las malas condiciones de la superficie de la carretera causadas por un mantenimiento insuficiente presentan un entorno peligroso para los usuarios de la carretera y existen correlaciones directas entre las tasas de fricción y las tasas de accidentes, lo que destaca la necesidad de técnicas adecuadas de evaluación del estado y sistemas de gestión de mantenimiento posteriores.

Como la mayoría de las evaluaciones de los pavimentos se basan en observaciones visuales, las descripciones resultantes involucran altos grados de subjetividad, exposición peligrosa y bajas tasas de producción. Por lo tanto, un método automatizado de identificación de peligro se está convirtiendo en un objetivo fundamental para las autoridades de transporte.

2.2.7 Sistema de Gestión Vial (SGV)

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT (2014), dentro de los trabajos que realiza, para la construcción y conservación de sus carreteras, elabora el SGV, con el cual almacena y actualiza la información que requiere, para la evaluación, planificación, construcción, gestión del tránsito, reconstrucción e investigación, por lo que requiere el sistema de ser alimentado por una base de datos, donde, además, obtenga la información con respecto al estado de la red actual. Por lo que debe de conocer la capacidad de la infraestructura y el estado físico, además de la demanda

vehicular (aforo). Con respecto a la toma de decisiones en el periodo de vida útil del proyecto o a largo plazo, el SGV debe contener los modelos para una correcta predicción de un futuro comportamiento de la red, ya sea de la oferta (modelos de deterioro de carretera), como de la demanda (Modelos de generación de viajes, de tasas de crecimiento).

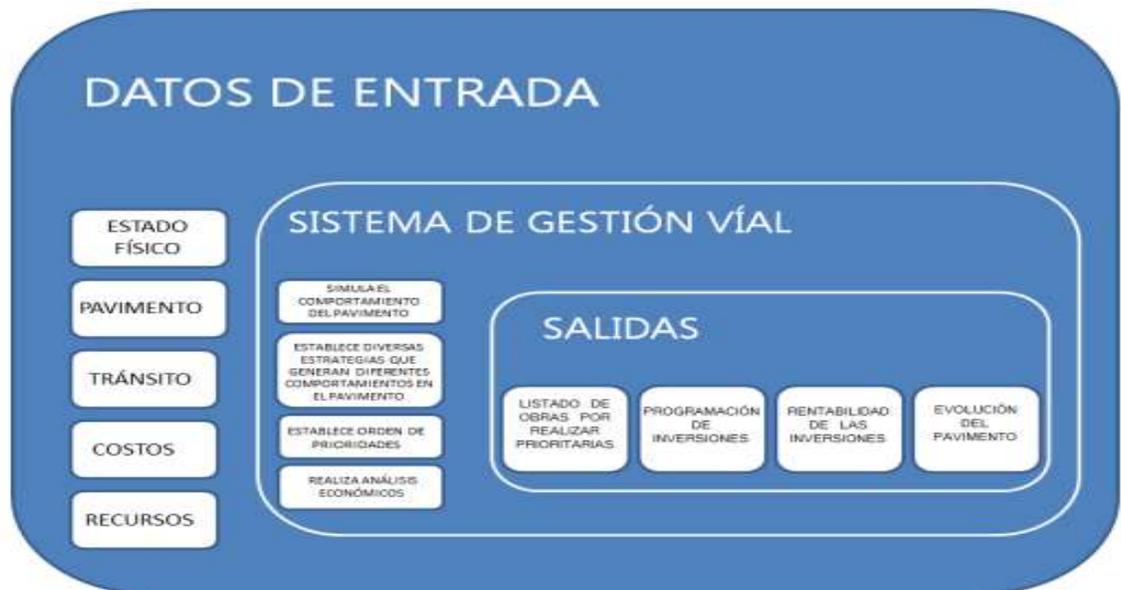


Figura 11.- Sistema de Gestión Vial SCT

Fuente: SCT (2014)

Cualquier SGV, tiene como principal objetivo, optimizar los recursos con los que cuenta, a través de la implementación de técnicas de conservación, buscando cumplir con los siguientes parámetros:

- a) Con el objetivo de decidir los estándares óptimos de financiamiento para el estado de la carretera y el financiamiento de la carretera, se establece el marco económico, a largo y corto plazo en las carreteras de todo el país.
- b) Debido a la falta de recursos es necesario elaborar una pirámide de prioridad de proyectos, en materia de recursos públicos, con el objetivo de racionalizar y optimizarlos, para los diferentes labores de mantenimiento de la red carretera.

c) Verificar la eficacia y la aprobar el control de los trabajos.

2.2.8 Recolección de datos.

De acuerdo a la SCT (2014), define estrictamente la documentación e información de campo requerida para operar el sistema y los procedimientos para obtenerla. La base de todo sistema son los datos con los que se modela el comportamiento de la infraestructura bajo las condiciones de llamada configuradas. Los datos a recoger son:

- a) Estudio de Tránsito
- b) Estudio de Medio Ambiente
- c) Capacidad Estructural
- d) Deflexiones
- e) IRI
- f) Rodera

2.2.9 Análisis de datos.

De acuerdo a la SCT (2014), El estudio se basa en establecer el estado actual y el comportamiento a largo plazo de la infraestructura. Este estudio utiliza varios indicadores que representan diferentes secciones del pavimento, incluyendo:

- Número Estructural (SN)
- Índice de Condición de Pavimentos (ICP)

De acuerdo a la SCT (2014), para obtener resultados confiables utiliza equipos de alto rendimiento, que son costosos y organismos locales no pueden financiar, como lo son los equipos que miden las condiciones superficiales:

- a) Índice de rugosidad internacional (IRI)
- b) Profundidad de roderas (PR)
- c) Macrotextura (MAC)
- d) Deterioros superficiales del pavimento (DET)
- e) Coeficiente de fricción (CF)

Condiciones estructurales:

- a) Tipo de material (visual)
- b) Espesores de las capas del pavimento (GPR)
- c) Deflexión normalizada, para obtener módulos elásticos y vida remanente del pavimento

Condiciones de seguridad vial:

- a) Evaluación de 62 atributos de la infraestructura

Con base en los resultados mediante el cual la SICT evalúa, se capta, clasifica y determina el nivel de atención requerido, determinando con ello la condición física de cada parte. Sobre esta base, el área correspondiente podrá decidir quién dará mantenimiento a la red, previo a la formulación de los proyectos de investigación y ejecución correspondientes a cada tramo o subtramo, para obtener la óptima función de los servicios al usuario y garantizar buenas condiciones de gestión.

2.2.10 Índice de condición del pavimento (ICP)

El ICP de acuerdo con ASTM D6433-18 (2018) es un indicador numérico de rangos para la superficie de la condición del pavimento, el cual es una normativa internacional para índice de condición del pavimento en calles y estacionamientos, a través de una cuantificación de deterioros por inspección visual. Este fue desarrollado por la corporación de ingenieros de la armada de Estados Unidos para pavimentos flexibles y rígidos, es usado para establecer evaluación de los deterioros del pavimento, el cual permite una pronta identificación y proveer de una rehabilitación oportuna. La Tabla 1, indica los rangos establecidos por el ICP, así como de los colores sugeridos.

Tabla 1. Rangos de escala y colores sugeridos.

ICP	CLASIFICACIÓN
100-86	BUENO
85-71	SATISFACTORIO
70-56	REGULAR
55-41	POBRE
40-26	MUY POBRE
25-11	PROBLEMA SERIO
10-0	FALLADO

Fuente: ASTM D6433-18 (2018)

2.2.10.1 Procedimiento de inspección

El uso de este método, permite a los evaluadores identificar los tipos de deterioros, con una precisión del 95%, las medidas lineales se deben de considerar precisas cuando se encuentran dentro del 10%, si se vuelven a medir y dentro del 20%, para las de tipo área. La gravedad del deterioro se determina de manera subjetiva, para los pavimentos asfálticos se seleccionan muestras elegidas y se realiza una inspección de fallas caminando sobre la acera de la unidad muestra, midiendo cada nivel de gravedad de los tipos de falla presente y registrando los datos.

2.3 Geomática

De acuerdo con Mancera (2019), la Geomática es el campo de estudio donde se procesa la representación con coordenadas (x, y, z) de información, incorporando el análisis y uso de los datos, el cual se apoya con sistemas de posicionamiento global (GPS Y GNSS), sistemas satelitales, geodesia, fotogrametría, cartografía, teledetección, sistemas de información geográfica (SIG) y sensores remotos entre otras disciplinas relacionadas. La Geomática tiene varias aplicaciones para la

predicción de diversos fenómenos de acuerdo con Albattah *et al.* (2021) para cálculo de deslizamientos de tierra en laderas.

2.3.1 Imágenes

2.3.1.1 Pixel

De acuerdo a lo investigado por Zafra (2021), quien elabora EL MANUAL DE POSTPROCESO DE IMÁGENES, lo define como: *“la unidad de los elementos pictóricos que constituyen una imagen digital”*.

2.3.1.2 Ráster

De acuerdo con INEGI (2014), Instituto Nacional de Estadística y Geografía, dice que un ráster es: *“en su forma más simple, un ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura. Los ráster son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados”*. De estas imágenes pueden elaborarse rásteres en forma de mapas base para sistemas de información geográfica, rásteres en forma de mapas de superficie con datos como la elevación de la tierra, temperatura, precipitaciones, etc. E igual se pueden realizar mapas temáticos o SIG como lo es el mapa digital de México 2.0.

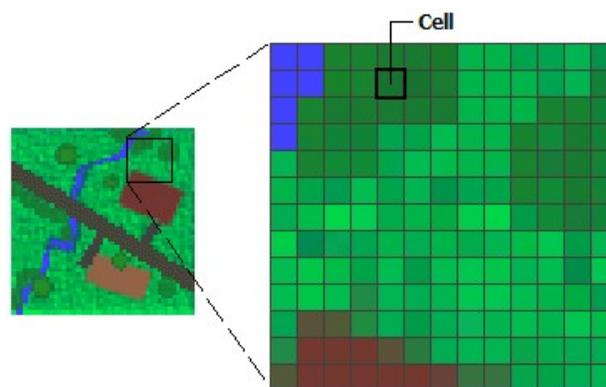


Figura 12. Ejemplo de imagen ráster.

Fuente: Inegi (2014)

De acuerdo a INEGI (2014), se debe usar ráster en los siguientes casos:

- a) Se necesita modelar rasgos o fenómenos que varían sobre una superficie continua.
- b) Necesita combinar una gran cantidad de capas de datos de manera rápida y económica.
- c) Si trabaja con imágenes de satélite.

2.3.1.3 Vectorial

De acuerdo con INEGI (2014), dice que, las imágenes ráster *“son datos que están basados en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos. Su representación es mediante puntos, líneas y polígonos”*.

De acuerdo a INEGI (2014), se debe usar vectores en los siguientes casos:

- a) Necesita guardar datos de rasgos del terreno con límites abruptos.
- b) Necesita examinar las relaciones espaciales a lo largo de una red.
- c) Necesita guardar una gran cantidad de atributos, para elaborar consultas a la base de datos sobre un área espacial grande.
- d) Necesita hacer mapas detallados y de gran calidad.

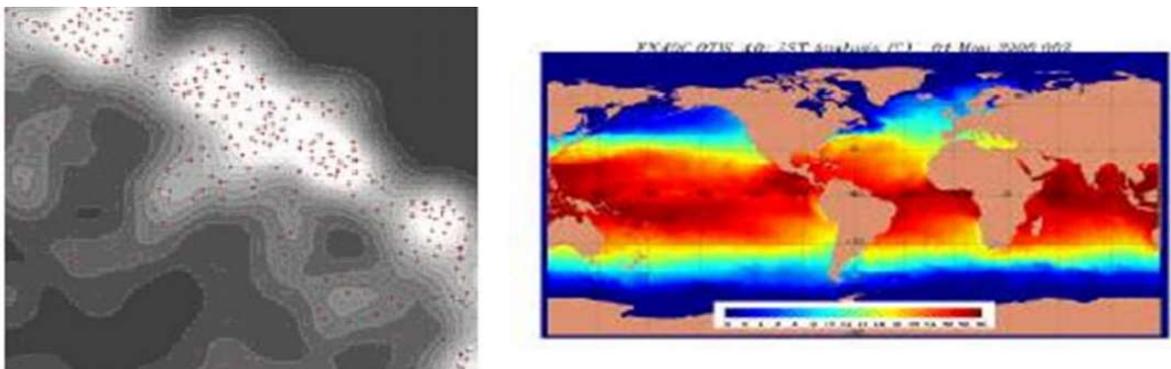


Figura 13. Imagen Vectorial.

Fuente: Inegi (2014)

2.3.2 Fotografía

De acuerdo con Otero et al. (2010), define a la fotografía como: *“la exposición fotográfica supone la incidencia de la luz, sobre la emulsión durante un espacio de tiempo muy breve, lo cual produce un cambio en la emulsión, formándose una imagen latente a partir de la cual se obtiene la fotografía mediante el revelado”*.

2.3.3 Tipos de fotografías aéreas

De igual manera Otero et al. (2010), ha demostrado que, existe diversa clasificación de las fotografías, que van de acuerdo al criterio usado, se puede tomar el ángulo de exposición, las especificaciones o la forma en que se usan.

- a) Por el Angulo de la fotografía: Verticales u oblicuas.
- b) Por las especificaciones: Según la escala, lente y la cámara usada, la estación del año o la emulsión de la película.
- c) Por la forma en que se usan: No corregidas, compensadas, rectificadas, ampliadas, mosaicos, impresiones o tridimensionales.

2.3.4 Fotogrametría

De acuerdo con Santos (2014), la fotogrametría aérea, ha evolucionado en tecnología a través del tiempo, yendo desde lo analítico en 1900 a lo digital en 1980, es utilizada para calcular posiciones y dimensiones de los objetos en el espacio, con medidas tomadas en fotografías y poder obtener mapas. Esta se divide en aérea y terrestre, siendo que nos interesa la aérea para esta investigación.

Se cuenta con ventajas base para la fotogrametría sobre otros sistemas de recolección de datos:

- a) Se generan representaciones de los objetos completas (información objetiva).
- b) El registro es al momento.
- c) Se usan materiales de costos bajos y conservación y de fácil manipulación.
- d) Se pueden eliminar objetos en movimiento.

- e) El objeto a estudiar no es perturbado por el proceso de captura de la información y el posterior de medida.
- f) El rendimiento es muy bueno.

La fotogrametría con respecto a la topografía clásica, se diferencian en que la primera es de mayor comodidad y economía, más facilidad y rapidez que la segunda Otero *et al.* (2010).

2.3.4.1 Distancia de muestra del terreno (GSD)

Por sus siglas en inglés “*Ground Sample Distance*” es llamado comúnmente GSD, sin embargo, por lo demostrado en Zafra (2021) y que coincide con la empresa comercializadora de drones “DJI”, la definición se describe como la distancia del centro al centro de otro pixel sobre el terreno. Al conocer el GSD de un trabajo hace posible poder calcular la escala, y con ella conocer distancia del pixel en el terreno o el GSD.

2.3.5 Sistema de posicionamiento global (GPS)

De acuerdo con INEGI (2015), el GPS es el sistema para calcular la posición exacta de objetos sobre el terreno, para obtener coordenadas con ayuda satelital, que se relaciona con el geoide.

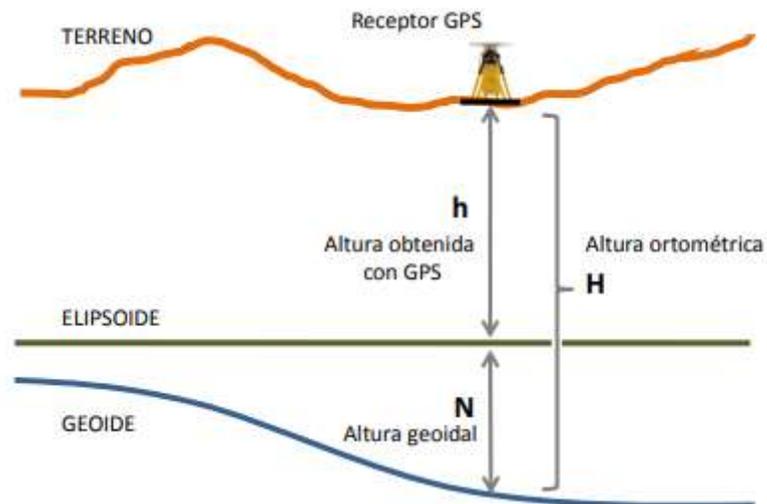


Figura 14. Altura ortométrica y altura geoidal

Fuente: INEGI (2015)

De acuerdo con García (2022), el GNSS, es la abreviación de sus siglas en inglés “*Global Navigation Satellite System*”, el cual es un grupo de sistemas de navegación por satélite, como GALILEO, IRNSS, GLONASS, GPS, QZSS, Beidou. En otras palabras, son los sistemas los cuales tienen la capacidad de obtener una posición en cualquier momento y cualquier punto de posicionamiento espacial y temporal.

2.3.6 Marcos de referencia Terrestre Internacional (ITRF)

De acuerdo con INEGI (2019), se definen como: “*materializaciones del ITRS (Sistema de Referencia Terrestre Internacional) que se realizan mediante la estimación de las coordenadas y velocidades de un conjunto de estaciones de observación de diferentes técnicas geodésicas satelitales; distribuidas en toda la superficie terrestre*”.

La especificación del ITRS y la ejecución de los ITRF son trabajos del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia (IERS). Se utiliza una mayor proporción de datos para realizar cada nuevo ITRF y se integran nuevas estaciones; un caso de ejemplo común, siendo que, para la ejecución de ITRF92 constaba de 288 estaciones, ITRF2008 (lanzado por IERS en el año del 2005) consta de 934 estaciones. La última versión hasta el momento es ITRF2014.

2.3.7 Red Geodésica Nacional

2.3.7.1 Activa

De acuerdo con INEGI (2019), la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) está constituida, actualmente por 31 estaciones que registran los datos de los satélites de las constelaciones Galileo, GLONASS y GPS, mismos que se encuentran disponibles para quienes lo

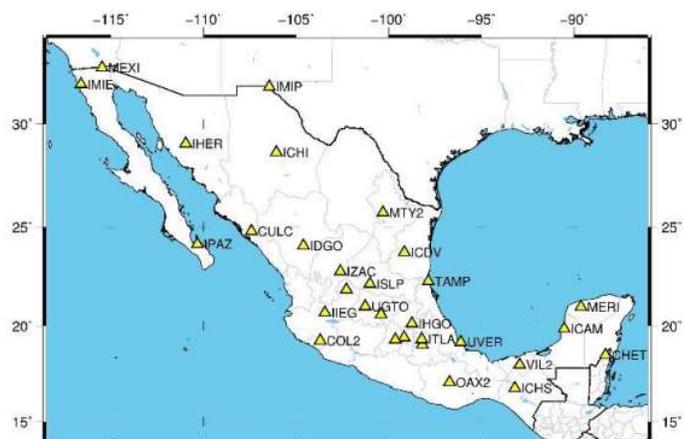


Figura 15. Estaciones de la RGNA

Fuente: INEGI (2019)

requieran en conjunto con las coordenadas ITRF2008 época 2010.0 de cada estación

2.3.7.2 Pasiva

De acuerdo con INEGI (2019), se describe a la Red Geodésica Nacional Pasiva (RGNP), como la constitución de más de 100,000 estaciones geodésicas físicas sobre el terreno, mismas que para su identificación se encuentra empotrada en una placa sobre el terreno, así mismo el INEGI, clasifica las estaciones geodésicas, repartidas en todo México, en el siguiente orden:

1. Red geodésica vertical
2. Red geodésica horizontal
3. Red geodésica gravimétrica

Sirven para que un usuario posicione su equipo tradicional (teolodito, distanciometro o estación total) y se situé sobre un vértice de la RGNP y elaborar mediciones *in situ*, introduciendo las coordenadas del vértice GPS, como al comenzar, buscando generar coordenadas para nuevas mediciones, según sea el interés del usuario.

2.3.8 Geoide

De acuerdo con INEGI (2010), se refiere a *“la superficie equipotencial del campo de gravedad que se ajusta mejor al nivel medio del mar, ya sea local o globalmente”*. El Marco de Referencia Geodésico Vertical de México, está constituido por el grupo de Estaciones Geodésicas que integran la Red Geodésica Vertical, indentificadas por mojoneras, partes de estructuras sólidas

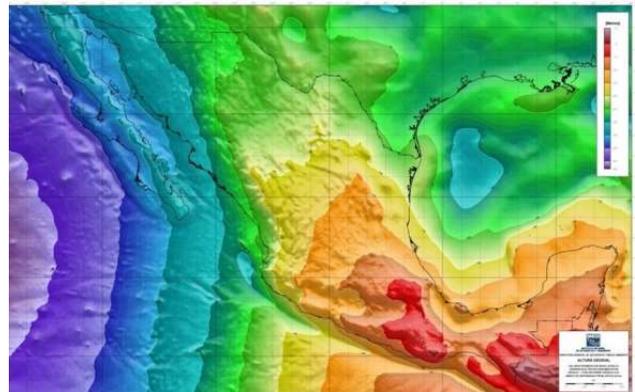


Figura 16. Superficies fundamentales de altura geoidal

Fuente: INEGI (2010)

monumentos, con una placa metálica empotrada, que identifica su tipo y ubicación

y se encuentran distribuidas en el territorio mexicano, definidos por el NAVD88, identificado por la estación geodésica ubicada en el mareógrafo de Rimouski, en Québec, Canadá.

2.3.8.1 Geoide Gravimétrico Mexicano 2010 (GGM10)

De acuerdo con INEGI (2015), el GGM10, el cual es el Geoide Gravimétrico Mexicano en su versión 2010, es creado con el objetivo de ser una herramienta de transformación de un modelo digital de alturas geoidales a través de las estimaciones de altura geodésica obtenidos por técnicas de posicionamiento GPS y los valores de asnm.

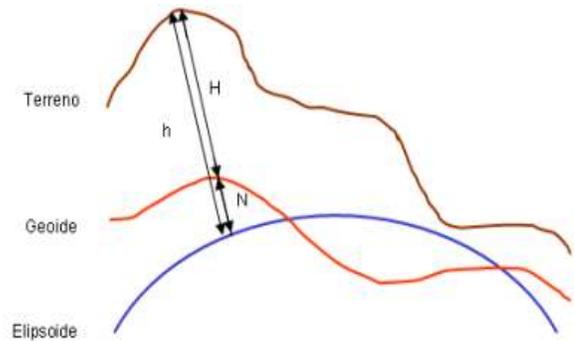


Figura 17. Representación de la carta de alturas geoidales del modelo GGM10

Fuente: INEGI (2015)

El GGM10 tiene los atributos que se enlistan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades del modelo GGM10

Propiedad	Especificaciones
Cobertura	14° a 33° de latitud N y 86° a 119° en longitud O
Resolución	2.5' x 2.5'
Precisión estimada (rms)	20 cm
Marco de referencia	ITRF08 época 2010.0
Elipsoide de referencia	GRS80
Unidades	Metros

Fuente: INEGI (2015)

2.3.9 Georreferenciación

INEGI (2010), define a la georreferenciación como el grupo de tareas y procedimientos, con el fin de dar ubicación de puntos, de información geográfica en general o conjuntos de puntos, con relación a un determinado sistema de referencia terrestre.

2.3.10 Puntos de control terrestre

De acuerdo con la Norma N-PRY-CAR-1-01-004/07 se define a los puntos de control terrestre para fotografías aéreas, como *“los vértices de la poligonal de referencia que previamente a la fotogrametría se ubicaran, marcaran y señalizaran, para la orientación de las fotografías aéreas, en lugares donde se tenga buena visibilidad y que no queden cubiertos por árboles o sombras, y estar separados a 490 m como máximo, con el fin de que sean fácilmente identificables tanto en el terreno como en las fotografías”*.

De acuerdo con Perdomo *et al.* (2015), se define como *“un sitio físico en la tierra del cual se conoce su verdadera posición respecto a un sistema de coordenadas y se puede utilizar como guía”*, es parte de la fotogrametría aérea para vuelos con UAV, con el objetivo de obtener resultados aceptables y poder anclar la fotogrametría a coordenadas reales, es decir que las imágenes/fotografías aéreas tengan georreferencia. De acuerdo con Rivera *et al.* (2017), ubicar seis puntos de control para un área de hasta 30 Ha, es lo idóneo, mientras que de acuerdo a lo investigado por Perdomo *et al.*



Figura 18. Punto de control terrestre.

Fuente: elaboración propia.

(2015), se necesita de un total de 12 puntos de control en un área de seis Ha, sin embargo, de acuerdo con Zafra (2021), tres es el mínimo de puntos de control terrestre y por comprobaciones de diferentes expertos en el área, se aconseja sean cinco o seis. De acuerdo con Pérez (2001), para determinar los puntos de control

terrestre, se pueden realizar procedimientos básicos de topografía o con la utilización de GNSS.

Se ha demostrado en Prajwal *et al.* (2007), obtiene que para 600 m², se requieren de tres puntos de control, con el objetivo de evaluar cuál es la cantidad óptima de puntos de control en tierra para mantener la precisión en el área de estudio, utilizando un UAV, mismo que comprueba con la utilización del método GNSS diferencial para la recopilación en un terreno de 650 m² el total de nueve puntos de control terrestre.

2.3.11 Vehículos aéreos no tripulados (UAV)

De acuerdo con Colomina *et al.* (2014), coincide en que se conoce a los UAV como Unmanned Aerial Systems (UAS), los Vehículos Aéreos no Tripulados “Unmanned Aerial Vehicle” (UAV) o igual conocidos por la Organización Civil Internacional (OACI) como Sistema Aéreo Pilotado a Distancia (RPAS) e igual conocidos como Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) por la norma oficial mexicana NOM-107-SCT3-2019, son vehículos aéreos no tripulados controlados a distancia, es decir que no llevan a bordo un operador humano, que de acuerdo con Cisneros *et al.* (2019) utiliza fuentes aerodinámicas para poder volar, es utilizado para realizar vuelos rápidos a baja altura para la obtención de imágenes de mejor definición y detalle, para realizar levantamientos aéreos, mapeos planimétricos y altimétricos a múltiples escalas garantizando una precisión métrica.



Figura 19. Phantom 4 pro.

Fuente: DJI

Sin embargo, ha habido importantes avances recientes en espectrometría de imágenes, pero esta investigación sobre la precisión de los sistemas se ha centrado en estudios arquitectónicos y arqueológicos. Investigaciones más recientes han demostrado que los paquetes de software comerciales disponibles recientemente (incluidos Agisoft PhotoScan, Pix4D

Pix4Dmapper Pro y Capturing REality RealityCapture) tienen la capacidad de ayudar a resolver problemas que ocurren previamente con mayor precisión, menores tiempos de cálculo y una mayor confiabilidad mientras utilizan conjuntos de datos complejos con diferentes cámaras y sistemas. Para analizar la precisión de estos sistemas, estos investigadores han utilizado escáneres láser como referencia y han probado varias aplicaciones que incluyen deslizamientos de tierra, estructuras forestales, edificios y varios sitios del patrimonio cultural, artefactos y colecciones de formas y tipos complejos. Los resultados de estos estudios muestran una mayor precisión al utilizar las técnicas

De acuerdo a lo investigador por Tapia *et al.* (2019), menciona que las partes esenciales de un UAV son las siguientes:

- a) *GPS: se refiere al navegador del Sistema de Posicionamiento Global. Es relevante para agregar datos de ubicación y se puede utilizar para hacer vuelos programados (si es que el VANT cuenta con esa capacidad).*
- b) *Acelerómetro: permite medir la aceleración estática y dinámica. Es decir, en el eje vertical y horizontal, respectivamente. Se usan para determinar la posición y orientación del Vehículo Aéreo No Tripulado durante el vuelo.*
- c) *Altímetro: usado para regular la altura de vuelo permitiendo llevar a cabo grabaciones con una altura estable.*
- d) *Giroscopio: encargado de calcular el ángulo en el que se encuentra el VANT.*
- e) *Brújula: en conjunto con el GPS se puede saber dónde se ubica el norte en todo momento.*

2.3.12 Plan de vuelo

De acuerdo con Santos (2014), Cisneros *et al.* (2019) y Tapia *et al.* (2019), coinciden en que, el análisis óptimo del plan de vuelo es elemental para lograr una afable cobertura estereoscópica. Debemos considerar ciertos valores para que el vuelo fotogramétrico sea satisfactorio:

- a) Área de estudio

- b) Objetivo del vuelo
- c) Tipo de cámara que montamos en el equipo
- d) Hora y día del vuelo (Altura del sol, se utiliza <http://www.sunearthtools.com/> para averiguar la elevación del sol para esa fecha y hora, buscando una altura mínima de 35°)
- e) Condiciones del tiempo atmosférico (Se apoya en el software UAV Forecast)
- f) Escala fotográfica y cartográfica (altura del vuelo)
- g) Tamaño de cada fotografía y resolución espacial (tamaño del pixel)
- h) Traslape de las imágenes (Horizontal y longitudinal)
- i) Número de líneas y fotogramas
- j) Tiempo de vuelo, distancia recorrida y nivel de batería.

Así mismo de acuerdo con Tapia *et al.* (2019), existen diversas aplicaciones, para la planificación del vuelo, como lo son DroneDeploy, DJI GS Pro, Pix4D, Litchi, PrecisionMapper. Sin embargo, hay muchas otras, estas dependen del tipo de dispositivo móvil con el que cuente el operador del UAV y el sistema operativo (IOS o Android), y las limitaciones económicas para adquirir el pago del servicio de las aplicaciones.

Un vuelo no planificado deberá tener mucha precaución, ya que es mayores probabilidades de sufrir un percance, por lo que se recomienda tener a la vista el UAV en todo momento.

2.3.13 Procesamiento de imágenes

Los pavimentos de adoquín de piedra o históricos son elementos de patrimonio cultural en México y en el mundo, por lo cual requieren la misma protección que los monumentos y edificios. Estos requieren de trabajos de conservación por lo cual conocer su geometría y los datos precisos de cada adoquín es necesario porque cada uno es único, debido a que deben preservar sus características originales como la pendiente transversal y longitudinal, mismos que sirven para el drenaje pluvial que desemboca en las alcantarillas; este proceso requiere de mucho tiempo y meticulosas mediciones de campo, por lo cual se propone la fotogrametría digital

automática y los algoritmos de reconstrucción 3D, para conocer los datos métricos precisos en superficies irregulares con un alto grado de automatización Martínez *et al* (2015).

2.3.13.1 Generalidades del procesamiento de imágenes

De acuerdo con Gonzales *et al.* (2009), una imagen digital cuenta con función bidimensional $f(x,y)$, donde “x” y “y” son coordenadas espaciales a diferencia de una foto, y la amplitud de la función f tiene cualquier par de coordenadas (x,y) llamado intensidad o nivel gris de la imagen en ese punto. Cuando en “x” y “y” los valores de amplitud de f son cantidades finitas y discretas.

De acuerdo a lo investigado por McAndrew (2016), el procesamiento de imágenes, implica transformar la naturaleza de una imagen con el fin de:

1. Mejorar su información pictórica para la interpretación humana.
2. Hágalo más adecuado para la percepción de máquinas autónomas

También de acuerdo a Gonzales *et al.* (2009) y McAndrew (2016), el área de procesamiento de imágenes digitales es el procesamiento a través de computadora digital de imágenes digitales.

2.3.13.2 Aplicaciones del procesamiento de imágenes

De acuerdo con McAndrew (2016), el procesamiento de imágenes, cuenta con muchas aplicaciones, en la mayoría de las áreas de tecnología y ciencia se usan métodos de procesamiento de imágenes, una lista corta de aplicaciones según, pueden ser:

a) Medicina

- 1.- Inspección e interpretación de imágenes obtenidas de rayos-x o escaneos CAT.
- 2.- Análisis de imágenes celulares, de cariotipos cromosómicos

b) Agricultura

1.- Vistas satelitales / aéreas de la tierra, por ejemplo, para determinar cuánta tierra se está utilizando para diferentes propósitos o para investigar la idoneidad de diferentes regiones para diferentes cultivos.

2.- Inspección de frutas y verduras: distinguir los productos frescos y buenos de los viejos.

c) Industria

1.- Inspección automática de artículos en una línea de producción.

2.- Inspección de muestras de papel

d) Aplicación de la ley

1.- Análisis de huellas dactilares

2.- Nitidez o eliminación de desenfoques de imágenes de cámaras de velocidad

Algunas operaciones que se le pueden realizar a las imágenes son mejoramiento, restauración, binarización, sombreado, suavizado, extracción de bordes, registro de la imagen y segmentación, esta última operación es la que se realizara en esta investigación pues esto implica subdividir una imagen en partes constituyentes o aislar ciertos aspectos de una imagen, como lo son:

1.-Encontrar líneas, círculos o formas particulares en una imagen, que pueden ser en esta investigación las grietas, baches y diferentes deterioros.

2.- En una fotografía aérea, identificar automóviles, árboles, edificios o carreteras.

De acuerdo con Gonzales *et al.* (2009), la operación de procesamiento de una imagen, se divide en tres métodos computarizados que son:

1. Nivel bajo de procesamiento, son operaciones de corrección en las cuales se disminuyen ruidos o distorsiones, mejoramiento del contraste y la nitidez de la imagen.

2. Nivel medio de procesamiento, se refiere a las tareas de segmentación, cuyo objetivo es dividir una imagen en regiones con base a criterios de homogeneidad o heterogeneidad, como bordes, contornos, etc.

3. Nivel alto de procesamiento, en este nivel se extrae la información con el reconocimiento de los objetos pertenecientes del terreno.

2.3.13.3 Pasos generales para el procesamiento de imágenes

a) Adquirir una imagen. Para lo cual necesitamos contar o producir una imagen digital con cámara o escáner.

b) Pre-procesamiento. Paso previo al procesamiento principal de la imagen, como lo puede ser mejorar el contraste, eliminar el ruido o identificar las regiones que contengan postcode.

c) Segmentación. Se obtiene el postcode en este paso de la imagen.

d) Representación y descripción. En este paso se extraen las características particulares que nos permiten diferenciar entre objetos, donde se identifican curvas, depresiones y esquinas, que nos permitan distinguir los diferentes dígitos que constituyen un postcode.

e) Reconocimiento e interpretación. Se asignan etiquetas a los objetos en función del paso d) y se asigna significado a sus etiquetas.

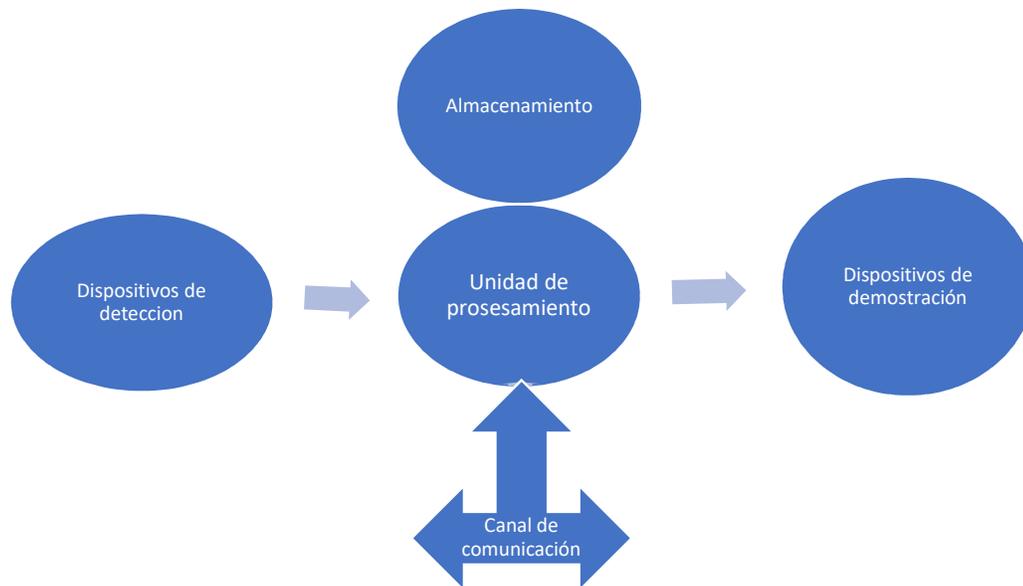
2.3.13.4 Técnicas de procesamiento de imágenes

De acuerdo con Tyagi (2018), el procesamiento de imágenes digitales se refiere a las técnicas para realizar el procesamiento de una imagen, obtener una imagen mejorada o extraer alguna información útil de ella para tomar algunas decisiones basadas en ella. Las técnicas de procesamiento de imágenes digitales están creciendo a una velocidad muy rápida.

De acuerdo con Burger et al. (2009), las técnicas o puntos de operación pueden ser los siguientes:

- a) Modificar la intensidad de la imagen (Contraste y brillo, reversión de la imagen)
- b) Punto de operación e Histogramas
- c) Ajuste automático de contraste
- d) Modificación de auto contraste
- e) Corrección Gamma
- f) Filtros (lineares, no lineares, filtros matrices)
- g) Bordes y contornos
- h) Filtros morfológicos (Escala de grises morfológica, etc)
- i) Imágenes color (RGB, Conversión a escala de grises, cuantificación de colores)

Siendo estos algunas de las técnicas principales



MAPA 1. Sistema de procesamiento digital.

Fuente: Tyagi (2018)

2.3.14 Fotogrametría con UAV

De acuerdo con la Norma N-PRY-CAR-1-01-001/07, *“los estudios aerofotogramétricos, son las actividades, aéreas de campo y gabinete, que se requieren para la toma de fotografías aéreas; de las cuales se apoyan en*

las coordenadas de apoyo terrestre y la elaboración de un modelo tridimensional del terreno, los estudios aerofotogramétricos pueden ser:

- a) *Estudios aerofotogramétricos para carreteras: los cuales son estudios básicos que se definen en seguida y que se hacen con el propósito de dar información fotográfica y topográfica necesaria para la elaboración de un anteproyecto de carretera. Previo a los trabajos a realizar se debe de hacer un reconocimiento de campo, con el fin de efectuar un reconocimiento de campo para corroborar la información obtenida y que los datos sean de utilidad para hacer el estudio y programar los trabajos de campo y en su caso, aéreos”.*

Así mismo la Norma N-PRY-CAR-1-01-004/07, define a las fotografías aéreas como *“las imágenes sobre la superficie del terreno bajo estudio, tomadas verticalmente en avión, como lo era anteriormente, para la fotointerpretación de los rasgos característicos del área que se fotografía, así como de la obtención del modelo tridimensional”.*

Esta técnica permite identificar las propiedades geométricas de una superficie o volumen de un objeto a partir de la información obtenida de varias imágenes,

Previo a la existencia de los drones la fotogrametría se realizaba con imágenes satelitales, aviones y helicópteros, sin embargo, los recientes avances tecnológicos de estos permiten que la fotogrametría sea más fácil, rápida, económica y de mayor control en el resultado final.

Para realizar este tipo de trabajo de acuerdo con Tapia *et al.* (2019), después de la selección del UAV adecuado para los trabajos, la captura de la información, la calibración, la preparación inicial, revisión de la legislación vigente, conocer el objetivo del vuelo, establecimiento de puntos de control, conocer el estado del clima para el vuelo, se comienza con la descarga y preprocesamiento de imágenes, donde se procede a descargar los datos obtenidos de los vuelos y preprocesamiento de las imágenes, estas parecen fotografías comunes, están en formato .JPG y se abren fácilmente en cualquier visor de fotos, con la diferencia de que en las propiedades se observa la característica en GPS, de las coordenadas de latitud, longitud y altitud.

De acuerdo con Corredor (2015), las investigaciones fotogramétricas con UAV, Han sido un gran apoyo, ya que son inferiores, en términos de tiempo y costo, creando así productos geospaciales de gran precisión y contenido.

2.3.15 Pre-procesamiento de imágenes con UAV

De acuerdo con Remondino *et al.* (2006), existen métodos de modelado basados en imágenes o fotogrametría, estos métodos son largamente utilizados, como las siguientes aplicaciones: para la reconstrucción 3D de componentes arquitectónicos, por lo investigado en Yilmaz *et al.* (2008), Koutsoudis *et al.* (2014), en arqueología Sanz *et al.* (2010) y Hendrickx *et al.* (2011), para el modelado de terrenos y ciudades Aguilar *et al.* (2005), Gomez-Lahoz *et al.* (2009), así como de monumentos y estatuas Barazzetti *et al.* (2011), entre otras aplicaciones. Estos métodos de modelado son fácilmente portátiles y sus sensores (cámaras digitales convencionales) tienen un costo limitado. Sin embargo, es necesario el post-procesamiento de las imágenes para obtener los datos 3D que formarán el modelo. Con estos métodos, es posible extraer las coordenadas espaciales de vértices (puntos discretos) y, en los últimos años, incluso obtener fácilmente densas nubes de puntos 3D basadas en la correlación automática de imágenes (AIC). En ambos casos, después de realizar la triangulación de puntos (discreta o basada en nubes), es posible aplicar texturas y obtener una vista fotorrealista del modelo 3D. Es un paso más dentro del procesamiento de imágenes, de acuerdo con Tapia *et al.* (2019), se requieren al menos 5 puntos de control para mejorar la precisión del GPS, mismos que deberán ser fácilmente identificables en las imágenes para que no haya errores de posicionamiento. En este paso se agregan los puntos de control a las imágenes a través de algún software como lo pueden ser *WebODM* y *Precision Mapper* que son gratuitos.

2.3.16 Procesamiento de imágenes

El procesamiento como se indicó en el punto anterior se puede realizar con varios softwares sin embargo, de acuerdo con Tapia *et al.* (2019), existen varios programas como lo es *Web Open Drone Map*, donde se pueden elaborar de manera fácil

ortomosaicos y MDE. Se pueden elaborar diferentes tareas como lo es realizar el perfil de altitud de dos puntos que se seleccionen en el programa, para lo cual se requieren:

- a) Al menos 5 puntos de control en cada imagen.
- b) Al menos 3 puntos de control deben ser compartidos por diferentes imágenes.

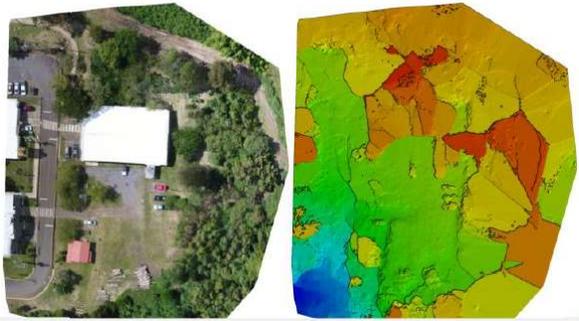


Figura 20. Previsualización de orto mosaico y elevaciones

Fuente: Tapia et al. (2019)

Donde se deberán vincular los puntos de control de las imágenes y el mapa, después se deberá continuar con la creación del Orto-mosaico, donde se unen todas las imágenes georreferenciadas en un solo mapa; seguido se desarrolla un modelo de elevación digital. Básicamente ese es el procedimiento para el procesamiento de las imágenes obtenidas en los vuelos de dron en cualquier otro programa como Precision Mapper, Pix4D Mapper y Agisoft photoscan, entre otros, previo a cualquier segmentación o ráster como se mencionó anteriormente que son operaciones que se realizan a las imágenes.

Aspecto	Pix4D	Web ODM	PrecisionMapper
Orto-mosaico vista general			
Orto-mosaico zoom 1			
Orto-mosaico zoom 2 (escala 1:30)			
DMS (msnm)	9.7 - 24.3	15.81 - 41.93	2.3 - 36.9
DTM (msnm)	9.7 - 21.6	15.65 - 41.93	No lo genera

Figura 21. Comparación de resultados de tres métodos

Fuente: Tapia et al. (2019)



Figura 22. Resumen de procesamiento de vuelo con UAV.

Fuente: Tapia et al. (2019)

2.3.17 Estudios similares con UAV

Diversos estudios se han realizado con los drones y el estudio de la topografía de carreteras, como lo investigado por Corredor (2015), el cual levanto con un “Drone

eBee”, dejando un tamaño de pixel de 4 cm, volando a una altura de 150m, dividiendo el área en dos polígonos de 6km x 0.1 km con una obtención de 474 fotografías, para procesar los datos utilizo el software “Postflight Terra 3D-EB”, el cual es un software fotogramétrico profesional para procesar imágenes aéreas en mapas 2D y modelos 3D como lo pretendemos realizar en esta investigación, dicho software tiene precisión de centímetros, además para mejorar la precisión de acuerdo con Corredor (2015), se utilizan puntos de control utilizo dos puntos cada 1000 metros, en sus resultados obtuvo el mosaico de imágenes del área que estudio así como una nube de puntos que generan triangulación y se obtiene curvas de nivel del terreno.

Además, realiza una comparativa entre el dron y la topografía convencional como se muestra en la Figura 23.

PUNTO N°	COTATOPOGRAFIA CONVENCIONAL	COTA TOPOGRAFIA DRONE	DIFERENCIA DE COTAS
1	934.500	934.497	0.003
2	932.000	932.018	-0.018
3	929.000	929.028	-0.028
4	932.500	932.465	0.035
5	933.500	933.496	0.004
6	930.000	930.035	-0.035
7	934.500	934.590	-0.090
8	941.000	940.944	0.056

Figura 23. Comparación de modelos digitales

Fuente: *Corredor (2015)*

2.3.17.1 Aplicaciones de fotogrametría en deterioros de pavimentos

A continuación, se presentan imágenes tomadas por método fotogramétrico y procesadas para la obtención de la información e interpretación.

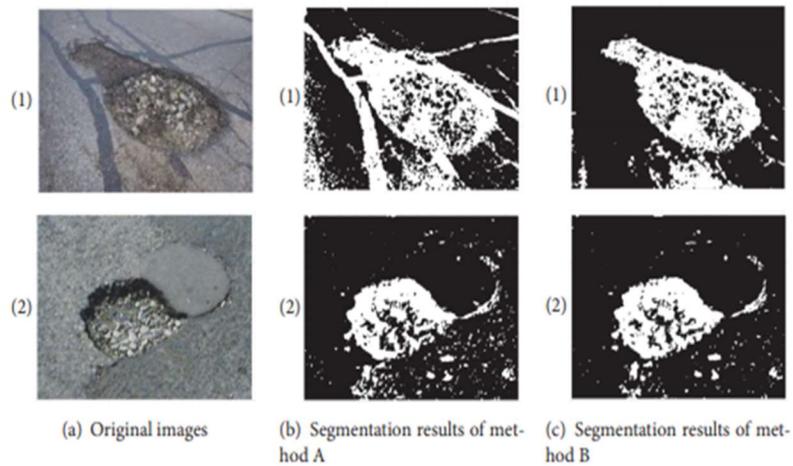


Figura 24. Contrastes de los resultados de la segmentación inicial de baches por el modelo de campo aleatorio de Markov .

Fuente: Wang *et al.* (2017)

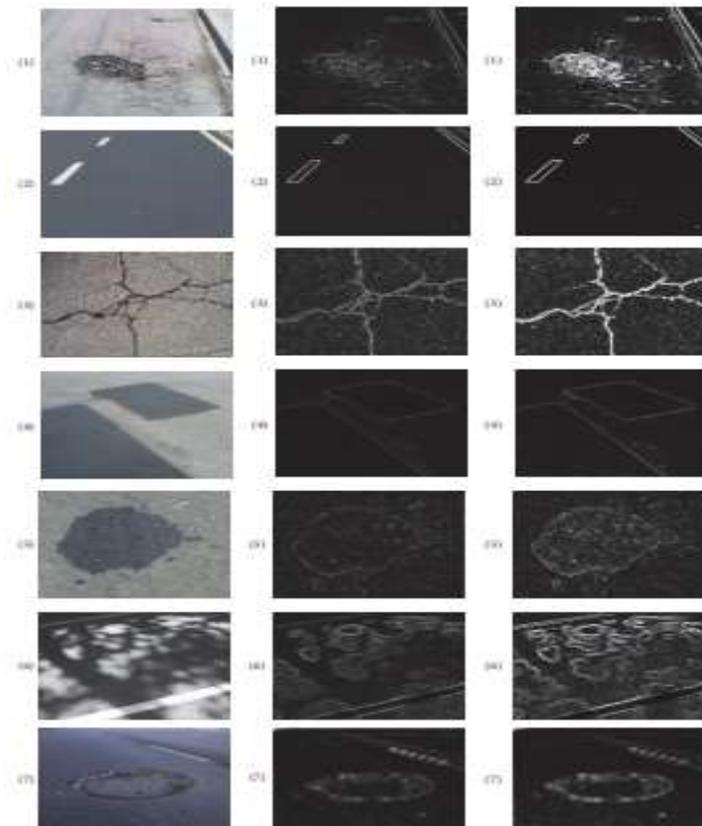


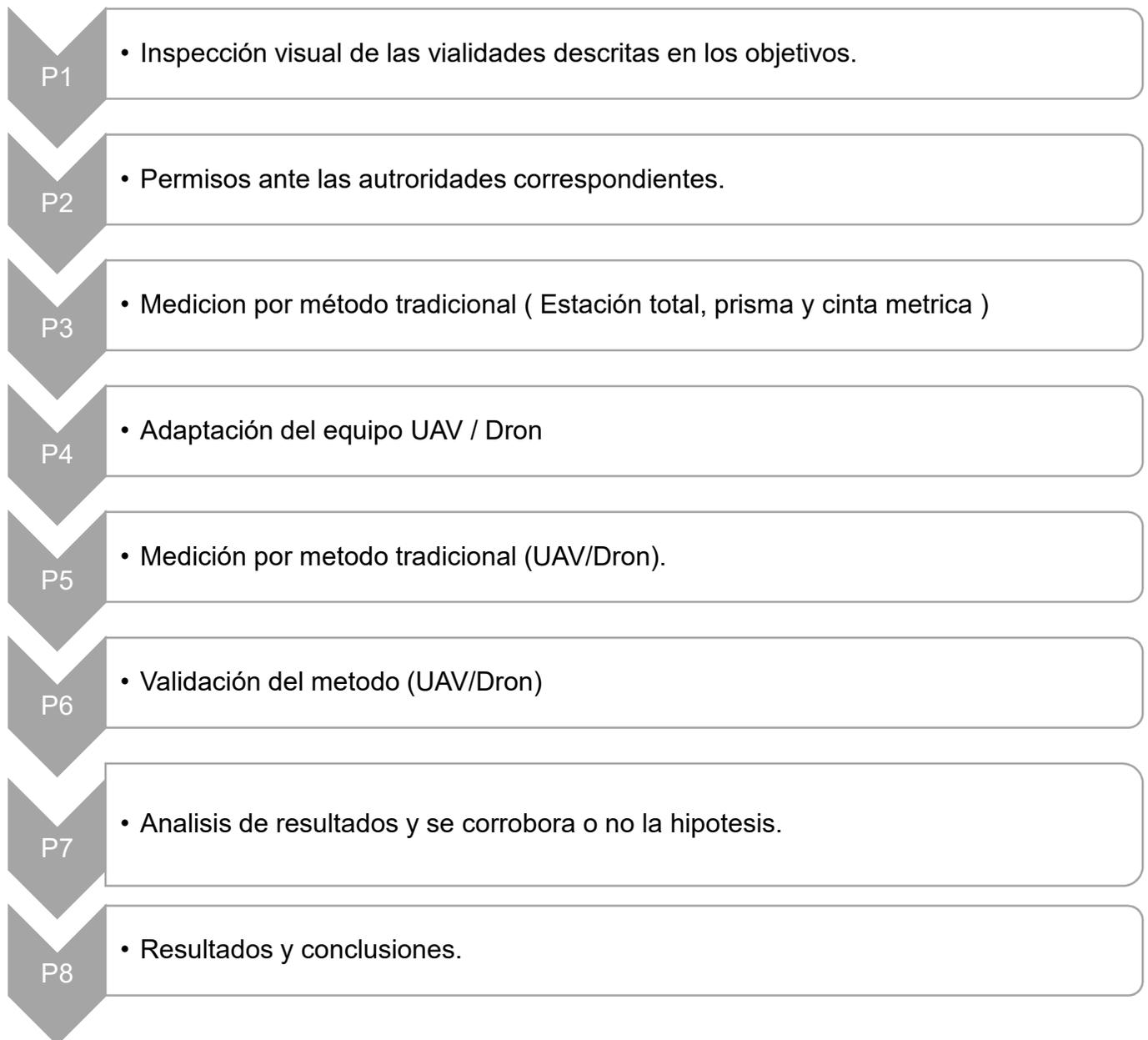
Figura 25. Módulo de wavelet y campo de energía construidos componiendo el segundo y tercer nivel de coeficientes de wavelet.

Fuente: Wang *et al.* (2017)

3 METODOLOGÍA

En esta sección se describe la metodología para la presente investigación para tener un orden en la misma.

MAPA 2. Pasos de la metodología de investigación.



Fuente: Elaboración propia

3.1 Descripción de la metodología

3.1.1 Paso uno (P1)

Se realizan recorridos a través de las vialidades mencionadas en los objetivos específicos en donde se realizan trabajos de inspección visual, reconocimiento del área de estudio, así como observaciones que se pudieran tener para evitar percances o prever conflictos cuando se realice la comparación de metodologías, estas observaciones a prever pueden ser: la hora de toma de datos, el punto de toma de datos, las horas de luz más factibles, obstrucciones a la visibilidad (Edificios, infraestructura vial, vegetación, etc.), entre otras a observar en sitio.

3.1.2 Paso dos (P2)

Previo a llevar equipo de medición que interfiera en la vialidad o realizar vuelos en el área de estudio se deberá contar con los permisos necesarios para no tener inconvenientes con las autoridades, estos permisos serán dirigidos a cuatro autoridades: el municipio, protección civil, Instituto Nacional de Antropología e Historia y a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes centro Querétaro, en donde se informe lo siguiente: Metodología en general, días de vuelo, puntos de control, las restricciones a considerar, así como del equipo a utilizar y las personas involucradas.

3.1.3 Paso tres (P3)

Una vez aprobado los permisos por las autoridades, se llevarán a cabo mediciones en sitio con el método tradicional, realizando levantamiento de deterioros con estación total, nivel y cinta métrica, en donde se detectarán los deterioros del pavimento semirrígido de mayor relevancia, tomando el tiempo que se lleva en realizar el levantamiento de todo el estudio por vialidad, así como del procesamiento de los datos.

3.1.4 Paso cuatro (P4)

Con el objetivo de adaptarse al equipo UAV o dron, se realizarán vuelos de preparación, buscando evitar atrasos en el tiempo por mal manejo del equipo por el piloto en las vialidades.

3.1.5 Paso cinco (P5)

Se busca la aprobación de la investigación ante el Comité de Ética de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, seguido de eso se ubicarán puntos de control en toda la zona de estudio, para la vialidad principal: Av. Ezequiel Montes, secundaria: calle: Madero, colectora: Calle Guerrero. se realizarán vuelos programados y se realizara el procesamiento de las imágenes con diferentes técnicas, buscando la mejor en la cual se puedan observar los deterioros.

3.1.6 Paso seis (P6)

Se busca con la misma técnica del paso cinco, obtener los mismos resultados, con el cual se da la validación del método, con tres vialidades de características similares a las del paso cinco, siendo de estas la principal: Av. Corregidora, la secundaria: Calle: Juárez, y la Colectora: Calle Hidalgo.

3.1.7 Paso siete (P7)

Se analizan los datos obtenidos por ambos métodos y se evalúan comparando los tiempos, los datos obtenidos, la precisión de estos y la complejidad de los mismos, para ir corroborando que la hipótesis se cumpla o se rechace según sea el caso.

3.1.8 Paso ocho (P8)

Cuando se hayan analizado los resultados, se realizarán conclusiones, y se presentarán los resultados finales.

3.2 Área de estudio

De toda la zona de estudio marcada de azul, descrita en los objetivos, se miden las vialidades de la Tabla 3 y figura 26, por sus características geométricas.

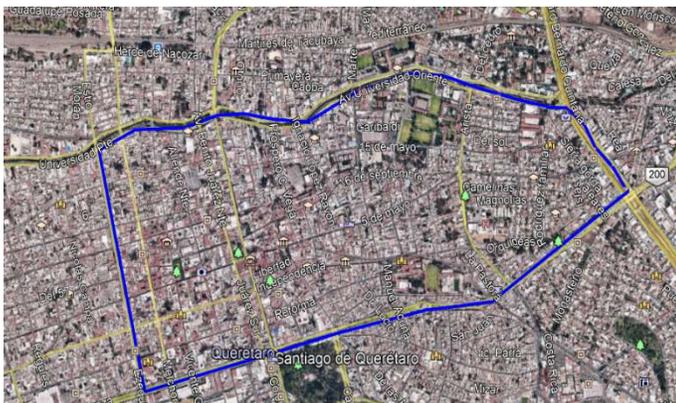


Figura 26. Zona de estudio, intersecciones Calle Ezequiel Montes, Avenida los Arcos-Avenida Zaragoza, Avenida Universidad y Av. Bernardo Quintana, Querétaro, México.

Fuente: Elaboración con base en Google Earth.

Tabla 3. vialidades a evaluar y validar.

Tipo de vialidad	Principal	Secundaria	Terciaria
Evaluación (1)	(1) Av. Ezequiel Montes	(1) Francisco I. Madero	(1) Calle Vicente Guerrero
Validación (2)	(2) Av. Corregidora	(2) Calle Benito Juárez	(2) Calle Miguel Hidalgo

Fuente: Elaboración propia

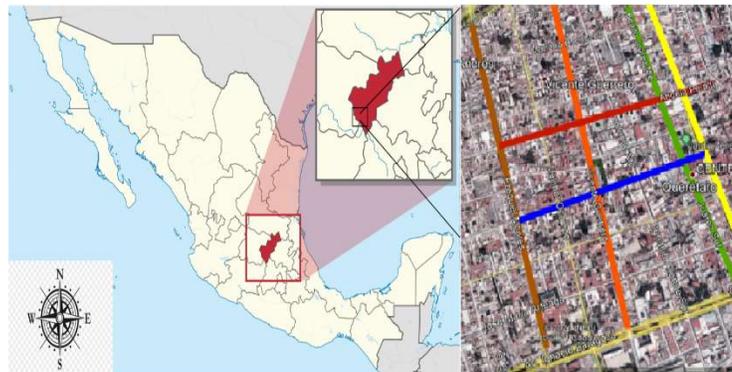


Figura 27. Vialidades a evaluar en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Colores asignados de Figura 27 para identificación de vialidades.

Vialidad	Color asignado
Av. Ezequiel Montes	Brown
Av. Corregidora	Yellow
Calle Francisco I. Madero	Blue
Calle Benito Juárez	Green
Calle Vicente Guerrero	Orange
Calle Miguel Hidalgo	Red

Fuente: Elaboración propia

4 RESULTADOS

4.1 Evaluación por método tradicional

4.1.1 Inspección visual

Se realiza levantamiento visual del pavimento en el centro histórico de la ciudad de Santiago Querétaro, México, con el objetivo de elaborar un listado de deterioros, así mismo de realizar mapas de deterioros por clasificación de nivel del Índice de Condición del Pavimento (ICP), reporte fotográfico y datos geométricos, buscando servir de base para los siguientes pasos de la metodología, en donde se seleccionaran tramos de cada vialidad dependiendo del ICP, que resulte, para la evaluación con el método tradicional y UAV.

Tabla 5. Vialidades a evaluar.

Vialidad principal	Vialidad secundaria	Vialidad colectora
Av. Ezequiel Montes	Calle: Francisco I. Madero	Calle Vicente Guerrero
Av. Corregidora	Calle: Benito Juárez	Calle Miguel Hidalgo

Fuente: Elaboración propia

Para la metodología de esta inspección visual, se realiza una adaptación de la norma ASTM D6433-18, (2018) de “Prácticas estándares para las encuestas de la condición del pavimento en carreteras y estacionamientos”, al pavimento semirrígido de adoquín que, se encuentra en la zona de estudio, dicha adaptación consiste en: debido a que la norma está enfocada en pavimentos rígidos y semirrígidos, al ser pavimento semirrígido, cuenta con deterioros de ambos pavimentos, además de que es una práctica estandarizada para inspección visual y criterios generales, por lo cual se toman los estándares de ambos pavimentos para adaptarlo al pavimento semirrígido.

Para la selección de las muestras a evaluar: de acuerdo a la normativa ASTM D6433-18, (2018) en el ICP, se divide en tramos y por estadística buscar el número de muestras mínimo, con un porcentaje de confianza del 95%, sin embargo, toda el área de los pavimentos a evaluar ya ha sido pre-seleccionada en solo seis vialidades, por lo que se considera como tramos muestra la longitud total de la vialidad, hasta las intersecciones de acuerdo a la Tabla 16.

Se evalúan las vialidades por inspección visual, realizando un reporte fotográfico e identificando las fallas que se presentan; se apoya esta investigación en ASTM D6433-18. (2018), debido a que determina la condición del pavimento mediante valores estándar en donde es responsabilidad de cada usuario determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso, la norma ASTM D6433-18 determina rangos estándares del nivel de gravedad en los deterioros, que son aplicables en cualquier tipo de pavimento; el Manual de Identificación de Deterioros del departamento de transporte de Estados Unidos ha recopilado una amplia variedad de datos de campo siendo la guía más utilizada en Estados Unidos desde 1987 para la identificación de problemas, puesto que proporciona un lenguaje común para describir los diferentes deterioros que se puedan presentar, ya que busca que todos los profesionales tengan un entendimiento en común de las características del deterioro en los pavimentos, es por estas razones que la norma y la guía son utilizadas en esta investigación que aunque los deterioros son muy parecidos podemos identificarlos con algunas causas en común con otros pavimentos, así como métodos de medición y severidad que comparten entre los diferentes pavimentos, también de acuerdo con Zoccali *et al.* (2017), se realizan complementos a las consecuencias y tipos de fallas que se presentan en pavimentos semirrígidos de piedra de adoquín.

De acuerdo a lo investigado en el estado del arte y a la norma ASTM D6433-18 (2018), se utiliza como medida de clasificación el ICP, el cual es una clasificación numérica de la condición del pavimento que varía de 0 a 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor condición posible, en dónde en una clasificación de

colores como se muestra en la Tabla 1, de simbología de clasificación de colores ICP. Cabe mencionar que, de acuerdo a ASTM D6433-18 (2018), el ICP “*no puede medir la capacidad estructural ni proporciona una medición directa de la resistencia al deslizamiento o la rugosidad. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de mantenimiento y reparación*”.

Previo al inicio de los trabajos de Inspección visual y como parte del (P2), se solicitó reunión el día 15 de mayo del 2021, con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), en donde se sostuvo una reunión con personal del Instituto, presentándoles la metodología de investigación, en donde se concluye que se debe de realizar el cambio de la calle José Maria Morelos por la calle Benito Juárez.

A continuación, se presentan los resultados de la inspección visual.

4.1.2 Detalle del adoquín

El tipo de pavimento actualmente presente se trata de una roca ígnea extrusiva o toba riolítica con estructura fanerítica evidente en varias piezas como se puede apreciar en la Tabla 7, cortada en forma de un prisma cuadrangular, denominado también adoquín, con los siguientes patrones geométricos, como se muestra en la Figura 28.

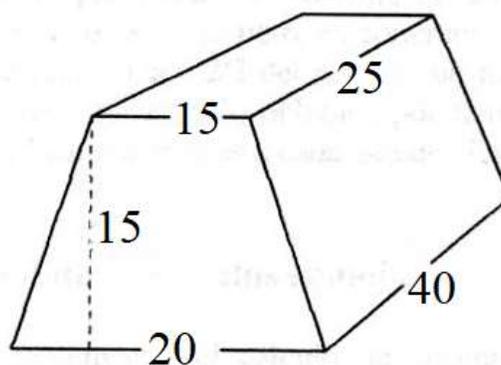


Figura 28. Geometría del adoquín en sitio (cm).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Procedimiento constructivo pavimento adoquín y sección típica

Procedimiento	Foto
a) Adoquín acamellonado en espera de ser instalado.	
b) Suelo de tipo base para ser tendido y compactado debajo del pavimento (suelo tipo Arena arcillosa con grava mal graduada, SP-SC).	
c) Se coloca una capa de concreto de 10 cm sobre la base de suelo	
d) En los nuevos proyectos se está colocando el drenaje pluvial que anteriormente es escaso y mal diseñado.	
e) Se coloca el adoquín en el sentido largo del tránsito y con unas juntas de 2 cm en promedio.	

Fuente: Elaboración propia.

En recorrido dentro del área de estudio, se observa el procedimiento constructivo actual, descrito en la Tabla 7.

4.1.2.1 Criterios generales de la Inspección visual

Para la presente investigación clasificaremos el Nivel de Severidad (NS) de los deterioros conforme a la Tabla 8.

Tabla 7. Criterios para inspección visual.

Clasificación	Descripción
L: bajo.	En la inspección visual se observa que, los vehículos vibran levemente, posiblemente causado, por la deformación, ya que estas pueden ser notables, sin embargo, no es necesario reducir la velocidad, para mayor comodidad o seguridad. Los golpes o asentamientos individuales, o ambos, hacen que el vehículo rebote ligeramente, pero crean pocas molestias.
M: Medio	En la inspección visual se observa que, los vehículos vibran de manera significativa y estos reducen su velocidad de considerablemente, buscando al disminuir la velocidad la seguridad y la comodidad. Los golpes o asentamientos individuales, o ambos, hacen que el vehículo rebote significativamente, creando cierta incomodidad.
H: Alto	En la inspección visual se observa que, los vehículos vibran de manera excesiva y son tan excesivas que debe reducirse considerablemente la velocidad para mayor seguridad y comodidad. Los golpes o asentamientos individuales, o ambos, hacen que el vehículo rebote excesivamente, creando una incomodidad sustancial, un peligro para la seguridad o un daño potencial alto al vehículo.

Fuente: ASTM D6433-18 (2018)

4.1.3 Identificación de fallas en el pavimento

Para la clasificación de los deterioros, Para la relación entre el valor deductivo y la densidad del deterioro se utilizan graficas del Anexo 7.2 y 7.3.

Se enlistan en la Tabla 9, los diferentes deterioros presentados en las vialidades del centro histórico de Querétaro

Tabla 8. Tipos de deterioros presentados

Identificación de deterioro	Descripción
4.1.3.1	Baches
4.1.3.2	Grietas longitudinales y transversales
4.1.3.3	Fracturas en las esquinas
4.1.3.4	Depresiones
4.1.3.5	Roderas
4.1.3.6	Ancho de juntas excesivo
4.1.3.7	Adoquín fracturado
4.1.3.8	Adoquín pulido
4.1.3.9	Falla en obras inducidas
4.1.3.10	Parchado

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1 Baches

Los baches son agujeros en forma de media luna de varios tamaños sobre la superficie del pavimento según Ortiz (2014), con una dimensión mínima de 150 mm en el plano horizontal y de profundidades de 25 milímetros (mm) a 50 mm. Sin embargo, para ASTM D6433-18 (2018), los baches son por lo regular pequeños, por lo general de menos de 750 mm (30 pulgadas) de diámetro, depresiones en forma de cuenco en la superficie del pavimento. Generalmente tienen bordes afilados y lados verticales cerca de la parte superior del agujero. Este tipo de deterioros, identificado se presenta en todas las vialidades, desde la dimensión mínima de 150 mm a diferentes profundidades, derivados de las pérdidas de juntas, fractura del adoquín, donde existe infiltración de agua y expulsión de la misma

donde se pierden suelos finos y por lo cual el volumen de las capas inferiores, que con las cargas de tránsito que circulan sobre ellas derivan en la creación de baches. Debido a que se realiza inspección visual sin pruebas destructivas, en donde se pueda analizar el deterioro en las capas inferiores, algunos de los baches que se presentan pueden de igual manera ser ocasionados por “rotura en esquinas”, probablemente debajo del adoquín se han presentado roturas en las esquinas donde se interceptan las losas de concreto con ángulos de 45°. Se diagnostica que los baches pueden presentarse en este tipo de pavimentos desde falta del adoquín al ser un volumen de pavimento con superficie y profundidad, hasta depresiones sobre el pavimento debido a que por la tensión que generan las juntas en el adoquín no se aprecian como comúnmente conocemos los baches, tal como se muestra en las Fotos 1 y 2.



Foto 1. Baches (Av. Corregidora)



Foto 2. Baches (Av. Corregidora)

4.1.3.2 Grietas transversales y longitudinales

Las grietas longitudinales de acuerdo con Ortiz (2014) y ASTM D6433-18 (2018), son paralelas a la línea central del pavimento o sentido del tráfico. Pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril de pavimentación mal construida/ mal procedimiento constructivo en el empate del lado derecho e izquierdo en el tendido de la capa inferior de concreto como se muestra en la sección típica de la Tabla 7.
2. Contracción de la superficie de rodadura debido a bajas temperaturas o endurecimiento de la capa, cambios diarios de temperatura, o ambos.

3. Una grieta reflectante causada por grietas debajo de la capa superficial, incluidas las grietas en losas de concreto, pero no las juntas de concreto. Estas pueden ocasionarse por “losa dividida” cuando la losa está dividida por grietas en cuatro o más piezas debido a sobre carga o soporte inadecuado, o ambos.



Foto 3. Grieta Transversal (Av. Ezequiel Montes)



Foto 4. Grieta Transversal y Longitudinal (Av. Ezequiel Montes)

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en aproximadamente ángulos rectos con la línea central del pavimento o perpendiculares a la línea central del pavimento. Estos tipos de grietas no suelen estar asociados a cargas. Otra de las posibles causas según ASTM D6433-18 (2018), para pavimentos donde hay una capa inferior rígida y una flexible por encima de ella, el tráfico puede causar una ruptura en la superficie del adoquín cerca de la junta entre losas de la capa inferior provocando “Agrietamiento por reflexión en la junta” en sentidos transversales y longitudinales, tal como se muestra en las Fotos 3 y 4.

4.1.3.3 *Fracturas en las esquinas*

Una fractura en la esquina es una grieta que toca ambas juntas de una misma losa que se interceptan, esta distancia es menor o igual a la mitad de la longitud de la losa en ambos lados, medida desde la esquina de la losa, la fisura corta la junta en un ángulo de aproximadamente 45°, la repetición de la carga combinada con la pérdida de soporte y las tensiones de curvatura suelen provocar fracturas en las



Foto 5. Fractura en la esquina (Av. Corregidora)



Foto 6. Fractura en la esquina (Av. Corregidora)

esquinas ,el nivel de severidad va desde los 13mm hasta grietas mayores a 50mm, este tipo de fallas en el pavimento genera incomodidad a los usuarios de las vialidades al ser un peligro para los peatones, por lo que la infraestructura se va deteriorando al tener presencia de agua, debido a las infiltraciones y las fallas derivadas que esta ocasiona, tal como se muestra en las Fotos 5 y 6.

4.1.3.4 *Depresiones*

De acuerdo con Zoccali et al. (2017) y Ortiz (2014), las depresiones son áreas de la superficie del pavimento que son menores a la rasante del mismo, estas son causadas por asentamiento de las capas inferiores como la base y la subrasante, por una construcción inadecuada, se observa que también se generan depresiones cerca de las obras inducidas debido a la pérdida de resistencia o falta de compactación alrededor de las mismas, en muchos casos las depresiones leves no se notan, hasta después de una lluvia cuando se acumula el agua sobre la superficie del pavimento.



Foto 7. Depresión (Calle Hidalgo)



Foto 8. Depresión (Calle Madero)

Las depresiones con presencia de agua pueden generar hidroplaneo y por el alto flujo de peatones incluso que alguno de ellos sea víctima del agua estancada producto del paso de un vehículo sobre la depresión. Los niveles de severidad de esta falla van desde los 13 mm hasta por arriba de los 50 mm en la profundidad, tal como se muestra en las Fotos 7 y 8.

4.1.3.5 Roderas

Una rodera es una depresión en la superficie de las trayectorias de las ruedas ASTM D6433-18. (2018). El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados de la rodera, como en forma de sombrero invertido, pero, en muchos casos, las roderas se notan solo después de una lluvia cuando los caminos están llenos de agua. Las roderas provienen de una deformación permanente en cualquiera de las capas o subrasantes del pavimento, generalmente causado por el movimiento consolidado o lateral de los materiales debido a la carga del tráfico los niveles de severidad van desde los 13 mm de profundidad hasta mayores de 25 mm, como se muestra en las Fotos 9 y 10.



Foto 9. Roderas (Calle Hidalgo)



Foto 10. Roderas (Calle Guerrero)

Las roderas, al igual que las depresiones, pueden generar hidropilano, estas en el área de investigación son más notorias en vialidades que tienen anchos menores a 6.5 m, esto debido a que la llanta del vehículo transita aproximadamente en el mismo sentido en la misma zona por lo cual la va afectando con el tiempo.

4.1.3.6 *Ancho de juntas excesivo*

Este es el deterioro que más se presenta junto con la pérdida del sello de juntas en el área de investigación. Se refiere a un exceso del ancho de juntas producto de una serie de factores que comienzan con un mal procedimiento constructivo, falta de sello en la junta, deficiente cohesión entre el adoquín y la estructura, asentamientos. A medida que las juntas se ensanchan, la capa de bloque se vuelve menos rígida y provoca un sobreesfuerzo en la subestructura Zoccali et al. (2017), los niveles de severidad de esta falla se pueden medir en metros cuadrados m^2 , y dependen los anchos de las juntas para definir la gravedad que van desde 11-15 mm hasta anchos mayores de 45 mm, tal como se muestra en las Fotos 11 y 12. Se genera, además, por los vacíos que causa, mayores ruidos y vibraciones.



Foto 11. Ancho de juntas excesivo (Av. Ezequiel Montes)



Foto 12. Ancho de juntas excesivo (Av. Corregidora)

4.1.3.7 *Adoquín fracturado*

Relacionado con el deterioro anterior 4.1.3.6, debido a falta de sello de juntas en el pavimento se generan desprendimientos por acciones de carga de tránsito del paso de los vehículos, ocasionando fractura y desprendimientos en el adoquín, así como futuras otras fallas tales como deformaciones, fisuras, baches, fracturas, etc. Los

niveles de severidad van en mediciones de metros cuadrados, en longitudes de 100 metros, desde 0 a 50 piezas fracturadas hasta niveles altos de gravedad de mayores de 300 piezas fracturadas, tal como se muestra en las Fotos 13 y 14



Foto 13. Adoquín fracturado (Av. Corregidora)



Foto 14. Adoquín fracturado (Av. Benito Juárez)

4.1.3.8 Adoquín pulido

Causado por aplicaciones de tráfico repetidas. Se dice que el adoquín está pulido, cuando en un examen detenido de un pavimento revela que la cara de la piedra mostrada en la rasante o superior, no presenta formaciones rugosas o angulares que proporcionen una buena resistencia al deslizamiento.



Foto 15. Adoquín pulido (Calle Guerrero)



Foto 16. Adoquín pulido (Calle Guerrero)

Los niveles de severidad se pueden medir en m² con longitudes de 100 m, que van desde 0 a 50 piezas pulidas y hasta mayores de 200 piezas en niveles altos de pulimiento, tal como se muestra en las Fotos 15 y 16.

4.1.3.9 *Falla en obras inducidas*

Se nota la presencia de diferencia de altura de la rasante del pavimento con las obras inducidas, ocasionando el fracturamiento del adoquín, pérdida de juntas, en la superficie del pavimento donde existe la presencia de tapas de alcantarilla, o de diferentes servicios (Agua, electricidad, comunicaciones etc.).



Foto 17. Falla en obras inducidas (Av. Ezequiel Montes)



Foto 18. Falla en obras inducidas (Calle Guerrero)

Los levantamientos son causados típicamente por el diferencial de resistencia de los suelos subyacentes o inestabilidades de la subrasante con algunos asentamientos, debiéndose a alguna mala compactación de la obra inducida o algún otro tipo de material con mal procedimiento constructivo ocasionando este tipo de falla Zoccali et al. (2017). Los niveles de severidad dependiendo de las diferencias de alturas entre las obras inducidas y la rasante pueden ir desde 15-30 mm hasta diferencias de mayores de 50mm, tal como se muestra en las Fotos 17 y 18.

4.1.3.10 Parchado

Este deterioro se refiere en áreas del pavimento donde se encontraba algún tipo de deterioro como lo pueden ser baches, depresiones o pérdida de material en donde ha sido reinstalado el pavimento superficial con el mismo material o un material diferente. La gravedad se evalúa por la calidad del parche si este proporciona las mismas cualidades que tiene la superficie de rodadura o si este tiene una deficiente calidad, tal como se muestra en las fotos 19 y 20.



Foto 19. Parches (Calle Guerrero)



Foto 20. Parches (Av. Corregidora)

4.1.4 Resultado en resumen del nivel de deterioros de la inspección visual

Los colores e ICP, de las tablas y mapas siguientes están en base a la Tabla 6.

4.1.4.1 Av. Ezequiel Montes

Tabla 9. Resultado de evaluación del ICP para Ezequiel Montes.

VIALIDAD:	Av. Ezequiel Montes		TIPO DE VIALIDAD:	PRINCIPAL
MUESTRA	ENTRE	ENTRE	EVALUACIÓN	ICP
1	Universidad	Mariano Escobedo	74.7	SATISFACTORIO
2	José María Morelos	Mariano Escobedo	76.6	SATISFACTORIO
3	José María Morelos	Miguel Hidalgo	74.4	SATISFACTORIO
4	Andrés Balvanera	Miguel Hidalgo	79	SATISFACTORIO
5	Andrés Balvanera	Av. Del 57	72	SATISFACTORIO
6	Francisco I. Madero	Av. Del 57	78	SATISFACTORIO
7	Francisco I. Madero	José María Pino Suarez	78	SATISFACTORIO
8	José María Arteaga	José María Pino Suarez	74	SATISFACTORIO
9	José María Arteaga	Zaragoza	63	REGULAR

Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Mapa inspección visual ICP para Ezequiel Montes.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.2 Calle Francisco I. Madero

Tabla 10. Resultado de evaluación del ICP para Francisco I. Madero.

VIALIDAD:	Francisco I. Madero		TIPO DE VIALIDAD:	SECUNDARIA
MUESTRA	ENTRE	ENTRE	EVALUACIÓN	ICP
1	Corregidora	Benito Juárez	97	BUENO
2	Allende	Benito Juárez	98	BUENO
3	Allende	Vicente Guerrero	99	BUENO
4	Melchor O. Campo	Vicente Guerrero	98	BUENO
5	Melchor O. Campo	Ezequiel Montes	92	BUENO

Fuente: Elaboración propia.



Figura 30. Mapa inspección visual ICP para Francisco I. Madero

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.3 Calle Vicente Guerrero

Tabla 11. Resultado de evaluación del ICP para Vicente Guerrero.

VIALIDAD:	Vicente Guerrero		TIPO DE VIALIDAD:	COLECTORA
MUESTRA	ENTRE	ENTRE	EVALUACIÓN	ICP
1	Zaragoza	Gral. Arteaga	29	MUY POBRE
2	Pino Suarez	Gral. Arteaga	31	MUY POBRE
3	Pino Suarez	Francisco I. Madero	67	REGULAR
4	Andrés Balvanera	Francisco I. Madero	74	SATISFACTORIO
5	Andrés Balvanera	16 de septiembre	74	SATISFACTORIO
6	Miguel Hidalgo	16 de septiembre	6	FALLADO
7	Miguel Hidalgo	José María Morelos	75	SATISFACTORIO
8	Mariano Escobedo	José María Morelos	56	REGULAR
9	Mariano Escobedo	Universidad	56	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.



Figura 31. Mapa inspección visual ICP para Vicente Guerrero.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.4 Av. Corregidora

Tabla 12. Resultado de evaluación del ICP para Av. Corregidora.

VIALIDAD:	Av. Corregidora		TIPO DE VIALIDAD:	PRINCIPAL
MUESTRA	ENTRE	ENTRE	EVALUACIÓN	ICP
1	Universidad	Gral. Ramón Corona	57	REGULAR

VIALIDAD:	Av. Corregidora		TIPO DE VIALIDAD:	PRINCIPAL
2	15 de mayo	Gral. Ramón Corona	53	POBRE
3	16 de mayo	Morelos	51	POBRE
4	Ángela Peralta	Morelos	39	MUY POBRE
5	Ángela Peralta	16 de septiembre	51	POBRE
6	Francisco I. Madero	16 de septiembre	40	MUY POBRE
7	Francisco I. Madero	Andador Libertad	39	MUY POBRE
8	Independencia	Andador Libertad	35	MUY POBRE
9	Independencia	Reforma	34	MUY POBRE
10	Zaragoza	Reforma	30	MUY POBRE

Fuente: Elaboración propia.



Figura 32. Mapa inspección visual ICP para Av. Corregidora.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.5 Calle Benito Juárez

Tabla 13. Resultado de evaluación del ICP para Benito Juárez.

VIALIDAD:	Benito Juárez		TIPO DE VIALIDAD:	SECUNDARIA
MUESTRA	ENTRE	ENTRE	EVALUACIÓN	ICP
1	Universidad	Gral. Ramón Corona	36	MUY POBRE

VIALIDAD:	Benito Juárez		TIPO DE VIALIDAD:	SECUNDARIA
2	15 de mayo	Gral. Ramón Corona	30	MUY POBRE
3	16 de mayo	José María Morelos	25	PROBLEMA SERIO
4	Miguel Hidalgo	José María Morelos	32	MUY POBRE
5	Miguel Hidalgo	16 de septiembre	31	MUY POBRE
6	Francisco I. Madero	16 de septiembre	31	MUY POBRE
7	Francisco I. Madero	Pino Suarez	27	MUY POBRE
8	Arteaga	Pino Suarez	6	FALLADO
9	Arteaga	Zaragoza	31	MUY POBRE

Fuente: Elaboración propia.



Figura 33. Mapa inspección visual ICP para Benito Juárez.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.6 Calle Miguel Hidalgo

VIALIDAD:	Miguel Hidalgo		TIPO DE VIALIDAD:	COLECTORA
MUESTRA	ENTRE	ENTRE	EVALUACIÓN	ICP
1	Ezequiel Montes	Melchor O. Campo	32	MUY POBRE
2	Vicente Guerrero	Melchor O. Campo	32	MUY POBRE
3	Vicente Guerrero	Ignacio Allende	59	REGULAR

VIALIDAD:	Miguel Hidalgo		TIPO DE VIALIDAD:	COLECTORA
4	Benito Juárez	Ignacio Allende	71	SATISFACTORIO
5	Benito Juárez	Corregidora	47	POBRE
6	Luis Pasteur	Corregidora	47	POBRE

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Mapa inspección visual ICP para Miguel Hidalgo.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.7 Mapa General resumen del nivel de deterioro

Evaluado con tabla Índice de condición del pavimento (ICP) de acuerdo con ASTM D6433-18. (2018)

Tabla 14. Vialidades evaluadas por inspección visual

Vialidad principal	Vialidad secundaria	Vialidad colectora
Av. Ezequiel Montes (1)	Calle: Madero (3)	Calle Guerrero (5)
Av. Corregidora (2)	Calle: Juárez (4)	Calle Hidalgo (6)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Cruzamientos de vialidades.

Vialidad	Cruzamiento 1	Cruzamiento 2
(1)	Av. Universidad	Av. Zaragoza
(2)	Av. Universidad	Av. Zaragoza
(3)	Av. Ezequiel Montes	Av. Corregidora
(4)	Av. Universidad	Av. Zaragoza
(5)	Av. Universidad	Av. Zaragoza
(6)	Av. Ezequiel Montes	Calle Pasteur Norte

Fuente: Elaboración propia.

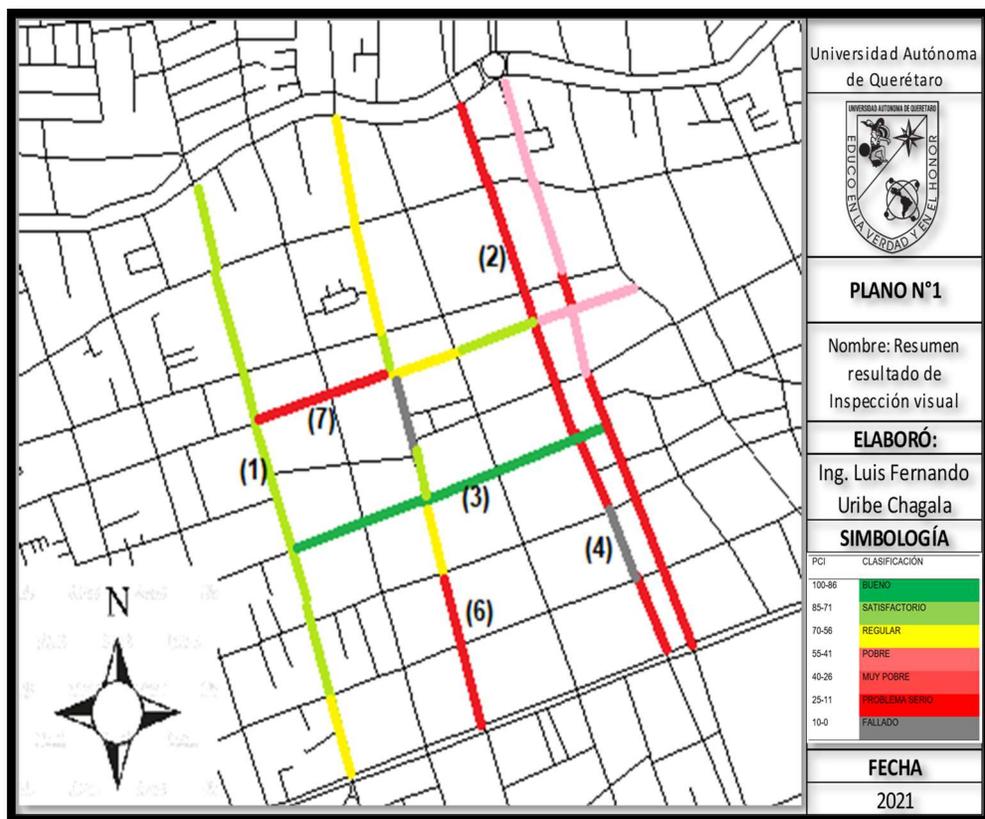


Figura 35. Resumen I.C.P. mapa inspección visual

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Bancos de nivel y puntos de control

Continuando con la metodología, previo al comienzo de la evaluación y cuantificación de los deterioros en la zona de estudio mediante estación total y unidad área no tripulada (UAV), se han establecido bancos de nivel en el caso de estación total y puntos de control para UAV, siendo estos seis (6).

Tabla 16. Herramientas y equipo para bancos de nivel

Herramienta o equipo	Cantidad
Martillo	1
Clavos 2"	8
Arandelas o rondanas	8
Global Positioning System (GPS) (SOKIA Receptor GNSS GRX2)	Al menos 1
Trípodes	Al menos 1
Flexómetro (Long. Min de 3 m)	1
Bases nivelantes	Al menos 1

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento a seguir fue es el indicado en la Figura 36.

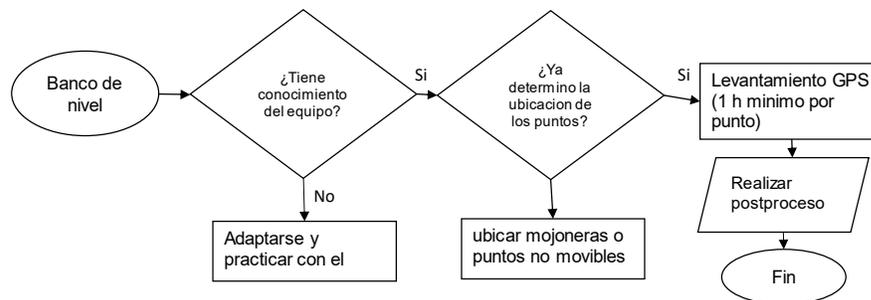


Figura 36 Diagrama de flujo procedimiento levantamiento punto GPS.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Capacitación del equipo

Se designó una fecha específica en la cual el sinodal Maestro Ingeniero Gerardo Medellín Aguilar, cita al investigador para proporcionar toda la información con

respecto al uso correcto del GPS, así como de los diferentes métodos de medición que se pueden realizar con el equipo. Se realizó la demostración de las partes que integran el equipo, la nivelación del mismo, el correcto encendido, el procedimiento para la creación de los trabajos y poder guardarlos, el uso de la colectora, y el correcto guardado del equipo al finalizar los trabajos, como se muestra en las Figuras 37, 38 y 39.



Figura 37 Instalación y nivelación del equipo

Fuente: Elaboración propia.



Figura 38 Correcto uso de la colectora del GPS.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 39. Fin de capacitación.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7 Adaptación al equipo GPS

Para la adaptación del equipo el investigador asiste a las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro, para el uso del equipo, sin supervisión de un capacitador, con el fin de poder realizar un levantamiento sin apoyo técnico, como se muestra en las Figuras 40, 41 y 42.



Figura 40 Nivelación del equipo

Fuente: Elaboración propia.



Figura 41 Creación de trabajo

Fuente: Elaboración propia.



Figura 42 Toma de datos

Fuente: Elaboración propia.

4.1.8 C) Determinación de la ubicación de los puntos

Para la selección del número de puntos óptimos de control de acuerdo al estado del arte anterior, entre otras investigaciones como lo demostrado por Cisneros *et al.* (2019), donde realiza configuraciones para 3, 4, 5, y 6 puntos de control, definiendo que la configuración que tuvo menor error medio cuadrático fue la de 5 puntos de control, también menciona que “*se requiere de un mínimo de puntos de control para*

un procesamiento de imágenes, por lo general de al menos 5, estos deberán ser fácilmente identificables en las imágenes para que no haya errores de posicionamiento”.

Debido a que la estación de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), en el estado de Querétaro, se encuentra en la Universidad Autónoma de Querétaro; el área de estudio a la estación de RGNA está a una distancia aproximada de 1200-1300 m, se decide que los puntos de control son 6, dispersos en toda el área de estudio, y con una hora de lecturas por cada punto.

Tabla 17. Ubicación de los puntos GPS.

PUNTO GPS	UBICACIÓN	REFERENCIA GENERAL
1	Calle Vicente Guerrero / Calle 16 de septiembre y calle Francisco I. Madero, Centro, Querétaro.	Jardín Guerrero
2	Av. Corregidora / Calle 16 de septiembre, calle Benito Juárez y Calle Francisco I. Madero, Centro, Querétaro.	Jardín Zenea
3	Calle Ezequiel Montes / José María Arteaga y calle Francisco Fogoaga, Centro, Querétaro.	Plaza Mariano de las Casas
4	Av. Corregidora / Calle Independencia y calle Benito Juárez, Centro, Querétaro.	Plaza Constitución
5	Av. Universidad / Rafael Osuna, Centro, Querétaro.	Calle cerrada
6	Calle Mariano Escobedo/ Calle Ignacio Allende y calle Benito Juárez, Centro, Querétaro.	Estacionamiento “Del Carmen”

Croquis general de ubicación de puntos GPS

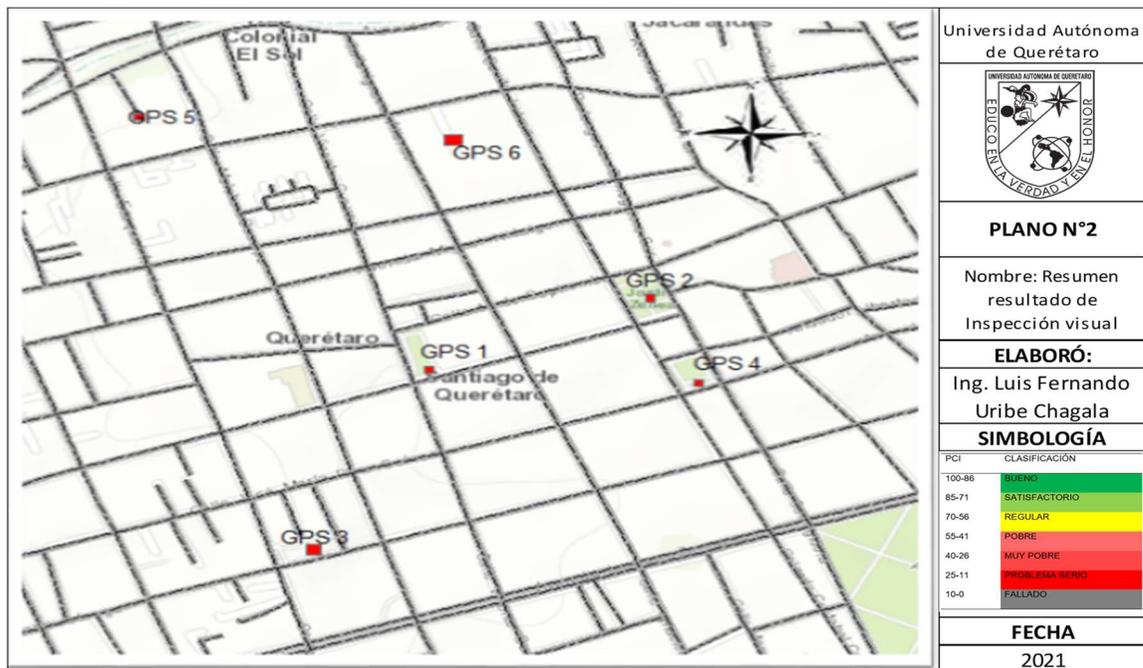


Figura 43. Croquis localización puntos GPS.

Fuente: Elaboración propia.

Como lo indica la Noma N-PRY-1-01-004/07, a no más de 490 m entre ellos.

4.1.9 E) Postproceso

Para el levantamiento de puntos GPS, se toma a consideración la Norma Técnica Para El Sistema Geodésico Nacional del 2010 , dice que: *“las especificaciones que permiten a los usuarios de datos e información geográfica que el acervo puesto a su disposición por los productores o Unidades del Estado, sea integrado con facilidad en sus procesos de producción y en los de toma de decisiones; así mismo, se busca que las Unidades del Estado, al generar e intercambiar datos e información geográfica, muestren consistencia, compatibilidad y comparación en sus procesos, como resultado de la estandarización en la comunicación dentro del Sistema; misma que tiene por objeto establecer las disposiciones mínimas que definen el Sistema Geodésico Nacional, a partir de las cuales es posible integrar el Marco de Referencia Geodésico”*.

Se realiza la comparación de los puntos GPS sin postproceso y con el postproceso.

Tabla 18. Tabla comparativa post-proceso GPS.

SIN			
GPS	LAT/LONG	POSTPROCESO	POSTPROCESO
1	LATITUD	20°35'30.31682"N	20°35'30.37096"N
	LONGITUD	100°23'41.99747"W	100°23'41.97421"W
	ALTURA	1814.263	1807.832
2	LATITUD	20°35'35.17845"N	20°35'35.12827"N
	LONGITUD	100°23'31.89852"W	100°23'31.79377"W
	ALTURA	1807.638	1809.443
3	LATITUD	20°35'18.28488"N	20°35'18.26985"N
	LONGITUD	100°23'47.31701"W	100°23'47.32489"W
	ALTURA	1806.049	1805.865
4	LATITUD	20°35'29.54177"N	20°35'29.49421"N
	LONGITUD	100°23'29.05750"W	100°23'28.99931"W
	ALTURA	1803.268	1808.184
5	LATITUD	20°35'46.67546"N	20°35'46.67287"N
	LONGITUD	100°23'55.77476"W	100°23'55.70780"W
	ALTURA	1800.889	1806.955
6	LATITUD	20°35'44.82500"N	20°35'44.83499"N
	LONGITUD	100°23'40.98429"W	100°23'40.94947"W
	ALTURA	1809.051	1809.69

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la Tabla 19, es la corrección de la altura, esto debido a que, dentro del post-proceso, se corrige la altura ortométrica con el geoide gravimétrico mexicano 2010 (GGM10) descrito en el punto 2.3.8.1.

4.1.10 D) Levantamiento de puntos con GPS, mínimo una hora por punto.

En anexos 7.6 se presenta la ficha técnica de cada punto, levantado para su ubicación y observaciones relacionadas. Una base del cálculo del tiempo mínimo a

evaluar, obtenida de la guía para levantamientos topográficos con GPS, se realiza conforme a la ecuación (1).:

$$t = 65 \text{ min} + ((3 \text{ min}) \times (10 - d)) \quad (1)$$

Donde:

t=tiempo de medición en minutos

d= distancia en kilómetros

Debido a que la posición del punto más alejado es de 1.9 km, el tiempo de medición máximo de acuerdo a la Fórmula 1, sería de 89.3 minutos, se decide que el levantamiento sea de 60 minutos por punto, indicado de la experiencia de los que han levantado puntos GPS y de la instrucción de los Sinodales, dentro del área de estudio, encontrando el menor tiempo para alcanzar la precisión requerida, además de acuerdo a Agüero *et al.* (2018), el espacio de tiempo debe ser considerado por el operador para el proceso recolección de datos, transmitidos por los satélites, además comenta que el lapso de medición dependerá de la longitud entre receptores (RGNA), las condiciones de obstrucción que existan en la zona de estudio y la configuración geométrica de los satélites.

4.1.11 Plantas longitudinal topográficas

a) Para los trabajos a desarrollar, es necesario apoyarse de la normativa de la Secretaria de Infraestructura Comunicaciones y Transportes, en específico de las normas N-PRY-CAR-1-01-002/07 y de N-PRY-CAR-1-01-002/07, que como lo visto en el estado del arte, nos indica el equipo, el personal y el procedimiento del levantamiento.

b) Para la evaluación del pavimento se siguió el procedimiento de la topografía convencional el cual propone el uso de la estación total y bancos de nivel, por lo cual se realiza el levantamiento topográfico de las vialidades estudiadas, seccionando a cada 20 m de acuerdo a N-PRY-CAR-1-01-002/07, y levantando los deterioros de mayor envergadura.

c) Para el levantamiento se utiliza el equipo de estación total marca: Geomax zipp 30 pro. Se realiza el procedimiento de referencia básica según la tabla 24.

d) De acuerdo con el método Índice de Condición del Pavimento (ICP) ASTM D6433-18 (2018), los tramos de muestra deben tener un área de $225 \pm 90 \text{ m}^2$, por lo cual se asignan unidades muestra de 235 m^2 cada una.

Para tener un número mínimo de unidades muestra a ser evaluadas, y obtener un nivel de confianza del 95% de acuerdo con el ICP, esta se realiza conforme a la ecuación (2).

$$n = \frac{Nx\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1)+\sigma^2} \quad (2)$$

Donde:

n: Unidades mínimas de muestra;

N: Número total de muestras en la sección.

e: Error estimado aceptable en la sección ICP; comúnmente,

e = ± 5 ICP puntos;

σ : Desviación estándar del ICP, para inspecciones iniciales se asume 10.

Por lo tanto:

Tabla 19. Unidades muestra a evaluar ICP

Objetivo	Vialidad a evaluar	Área (m ²)	N	e	σ	n
	Av. Ezequiel Montes	1,321.766	6	5	10	5
Especifico(1)	Calle Francisco I. Madero	551.554	2	5	10	2
	Calle Vicente Guerrero	729.354	3	5	10	3
	Av. Corregidora	1,273.407	5	5	10	4

Objetivo	Vialidad a evaluar	Área (m ²)	N	e	σ	n
Específico(2) (Validación)	Calle Benito Juárez	738.668	3	5	10	3
	Calle Miguel Hidalgo	1,305.641	6	5	10	5

Fuente: Elaboración propia

Se cuenta en las diferentes vialidades con los tramos muestra, de los cuales, por números aleatorios, se selecciona y descartan para cumplir el mínimo de muestras y obtener el 95% de confianza según ICP, de acuerdo con la Tabla 21.

Tabla 20. Selección de muestras a evaluar por números aleatorios.

Objetivo	Vialidad a evaluar	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
Específico(1)	Av. Ezequiel Montes	✓	✓	✓	✓	✓	X
	Calle Francisco I. Madero	✓	✓	---	---	---	---
	Calle Vicente Guerrero	✓	✓	✓	---	---	---
	Av. Corregidora	✓	✓	✓	X	✓	
Específico(2) (Validación)	Calle Benito Juárez	✓	✓	✓	---	---	---
	Calle Miguel Hidalgo	✓	✓	X	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

Donde:

✓: Muestra seleccionada a evaluar;

X: Muestra no seleccionada a evaluar.

Previo al levantamiento, se realiza capacitación del equipo y adaptación del mismo, del cual se elabora la Tabla 22, en donde se describe el procedimiento básico que se sigue en los levantamientos, para la elaboración de las plantas longitudinales.

Tabla 21. Procedimiento básico de levantamiento con estación total

Descripción	Reporte fotográfico
<p>Se nivela el equipo, se crea un trabajo y se orienta la estación.</p>	 A photograph showing a surveying station (total station) mounted on a tripod on a paved sidewalk. A person is visible in the background, and the scene is outdoors with buildings and trees.
<p>Se secciona la vialidad a evaluar en tramos de 20 y se marca con pintura roja, de acuerdo a lo recomendado por Norma.</p>	 A close-up photograph of a yellow measuring tape being held against a sidewalk. Red paint marks are visible on the pavement, indicating measurement points.
<p>Se marcan los deterioros de mayor relevancia con pintura roja, para su levantamiento.</p>	 A close-up photograph of a cobblestone sidewalk. Red paint marks are applied to the surface, highlighting areas of deterioration.
<p>El ayudante de topógrafo (prismero), se instala en los puntos seccionados a cada 20 metros y en la sección donde encuentre diferencias de niveles.</p>	 A photograph showing a surveying station on a tripod on a sidewalk. A person is standing in the background, and the scene is outdoors with buildings and a clear sky.

Se comienza con el trabajo y el levantamiento de puntos.



Se levantan puntos de deterioros marcados.



Se guardan los puntos levantados.



Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de las plantas longitudinales de las vialidades a evaluar en los objetivos, se realizó mediante el equipo de topografía convencional el cual de acuerdo a la Norma N-PRY-1-002/07 está integrado por la estación total, el prisma, trípode, cinta métrica, pintura roja y el equipo de seguridad de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, para topógrafo y cadenero. Se descargan los datos en el software AutoCad y conforme se realizó el levantamiento se dibuja

la planta con los deterioros, para esta investigación se utiliza la simbología de la Tabla 23.

Tabla 22. Simbología de plantas longitudinales

Símbolo	Color	Descripción
O 15	Negro	Punto levantado con estación total
	Verde	Punto de deterioro levantado con estación total
	Rojo	Eje del camino
M-1	Morado	Identificador de muestra
	Morado	Contorno de muestra
	Verde-oscuro	Área de muestra evaluada
	Rojo	Área de muestra no evaluada
	Verde limón	Área de deterioro levantada
	Verde limón	Longitud de deterioro levantada
	Negro	Banquetas
	Azul	Hombro de calle levantada
0+000	Negro	Cadenamientos

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.1 Avenida Ezequiel Montes

En la Figura 44, se describen las muestras a evaluar y no evaluadas de acuerdo con la Tabla 21.

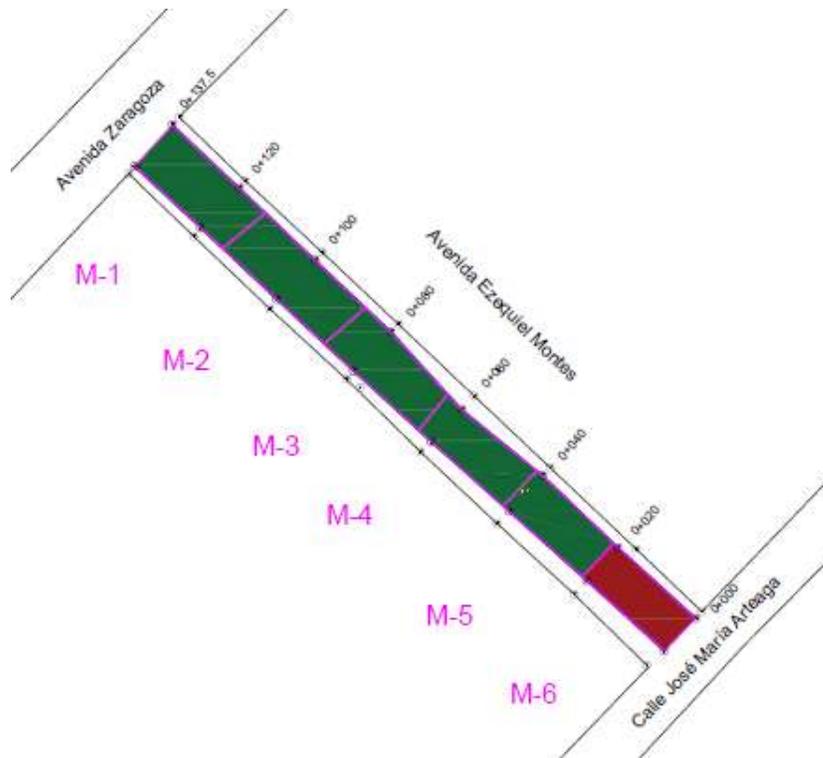


Figura 44. Tramos muestra ICP- Av. Ezequiel Montes

Fuente: Elaboración propia

Para el levantamiento en campo se hacen las siguientes observaciones:

- a) La hora de inicio del levantamiento es de 11:45 el día 17 de febrero del 2022 y termina en la misma fecha a las 13:34, esto con un tiempo de levantamiento en campo de 1 horas con 49 minutos.
- b) Se hace el levantamiento a cada 20 metros.
- c) Se levanta el nivel de calle, así como de las banquetas.
- d) Se levantan 48 puntos en 137.5 metros
- e) Se levantan 10 puntos de deterioros
- f) El tránsito de vehículos sobre la vialidad, así como el de personas en banquetas dificultan las lecturas de la estación total con el prisma, teniendo que tomar en algunas ocasiones tres veces la lectura por interferencia del láser.

- g) El ayudante de topografía encargado del prisma corre riesgos diversos al estar sobre la vialidad.
- h) El tránsito de personas sobre las banquetas puede ocasionar que muevan la estación total por descuido con lo cual se desnivela y pueda dañarse.
- i) Las banquetas varían de ancho, sin embargo, el trípode puede abarcar toda la banqueta impidiendo el tránsito de personas.
- j) Los deterioros se encuentran sobre las vialidades, pero por el tránsito de vehículos es difícil poder levantar todos por lo cual solo se levantan aquellos de mayor envergadura y notables.
- k) Los vehículos tipo C2 que rebasan la altura máxima del prisma que se estacionan sobre los puntos a evaluar impiden la toma de lecturas.
- l) Las diferencias de niveles del terreno impiden en algunas ocasiones la toma de lecturas por lo que hay que elevar el prisma

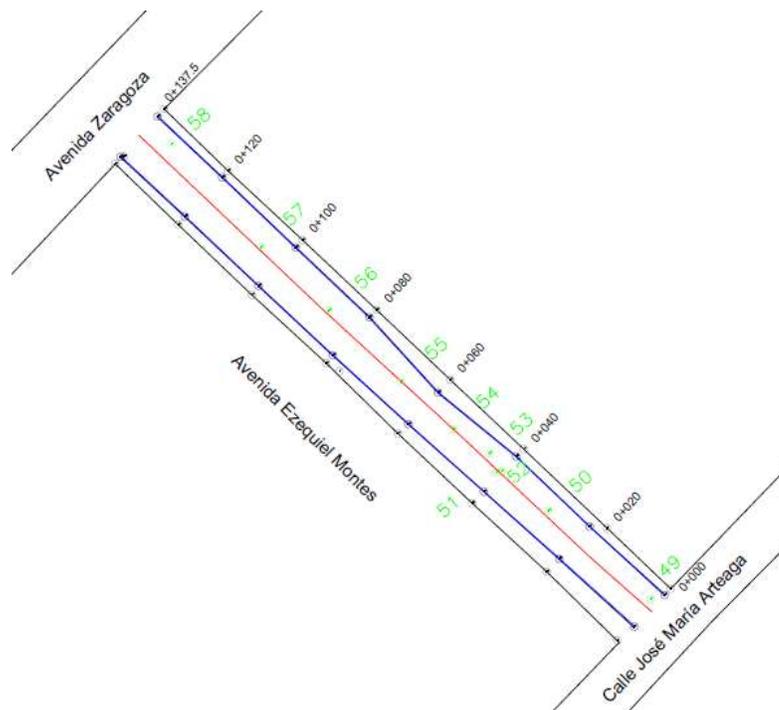


Figura 45. Planta longitudinal Av. Ezequiel Montes

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.2 Reporte fotográfico deterioros

Av. Ezequiel Montes A continuación, se realiza un reporte fotográfico de los diferentes deterioros levantados en la planta longitudinal, de las muestras seleccionadas, describiendo en la Tabla 24, los tipos de deterioros.

Tabla 23 Descripción de puntos de deterioros

Punto	Descripción
49, 50, 51, 52, 55, 57 y 58	Corresponden a un deterioro sobre tapa de registro
53	Grietas transversales
54 y 56	Perdida de juntas

Fuente: Elaboración propia



Figura 46. Reporte fotográfico Av. Ezequiel Montes

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.3 Calle Francisco I. Madero

En la Figura 47, se describen las muestras a evaluar y no evaluadas de acuerdo con la Tabla 21.



Figura 47. Tramos muestra ICP- Calle Francisco I. Madero

Fuente: Elaboración propia

Para el levantamiento en campo se hacen las siguientes observaciones:

- La hora de inicio del levantamiento es de 15:55 el día 17 de febrero del 2022 y termina en la misma fecha a las 16:31, esto con un tiempo de levantamiento en campo de 0 horas con 36 minutos.
- Se hace el levantamiento a cada 20 metros.
- Se levanta el nivel de calle, así como de las banquetas.
- Se levantan 32 puntos en 140 metros
- Se levantan 0 puntos de deterioros
- El tránsito de vehículos sobre la vialidad, así como el de personas en banquetas dificultan las lecturas de la estación total con el prisma, teniendo que tomar en algunas ocasiones tres veces la lectura por interferencia del láser.
- El ayudante de topografía encargado del prisma corre riesgos diversos al estar sobre la vialidad.

- h) El tránsito de personas sobre las banquetas puede ocasionar que muevan la estación total por descuido con lo cual se desnivela y pueda dañarse.
- i) Las banquetas varían de ancho, sin embargo, el trípode puede abarcar toda la banqueta impidiendo el tránsito de personas.
- j) Los deterioros se encuentran sobre las vialidades, pero por el tránsito de vehículos es difícil poder levantar todos por lo cual solo se levantan aquellos de mayor envergadura y notables.
- k) Los vehículos tipo C2 que rebasan la altura máxima del prisma que se estacionan sobre los puntos a evaluar impiden la toma de lecturas.

Las diferencias de niveles del terreno impiden en algunas ocasiones la toma de lecturas por lo que hay que elevar el prisma

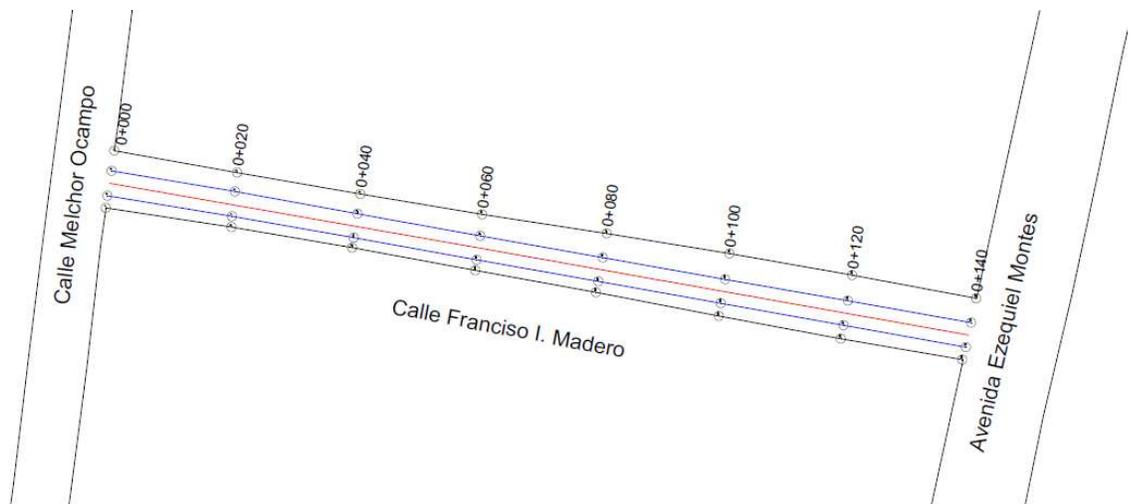


Figura 48. Planta longitudinal calle Francisco I. Madero

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.4 Reporte fotográfico deterioros Calle Francisco I. Madero

La calle Francisco I. Madero debido a recientes trabajos de mantenimiento no presenta deterioros de mayor envergadura que afecten el tránsito vehicular o afecten las funciones del pavimento, sin embargo, se observa que los primeros

deterioros son el fracturamiento de las juntas entre adoquín, esto posiblemente ocasionado por dilatación y la falta de un diseño en los cruzamientos de cinturón, el cual impidan el movimiento del adoquín en el sentido del tránsito vehicular.

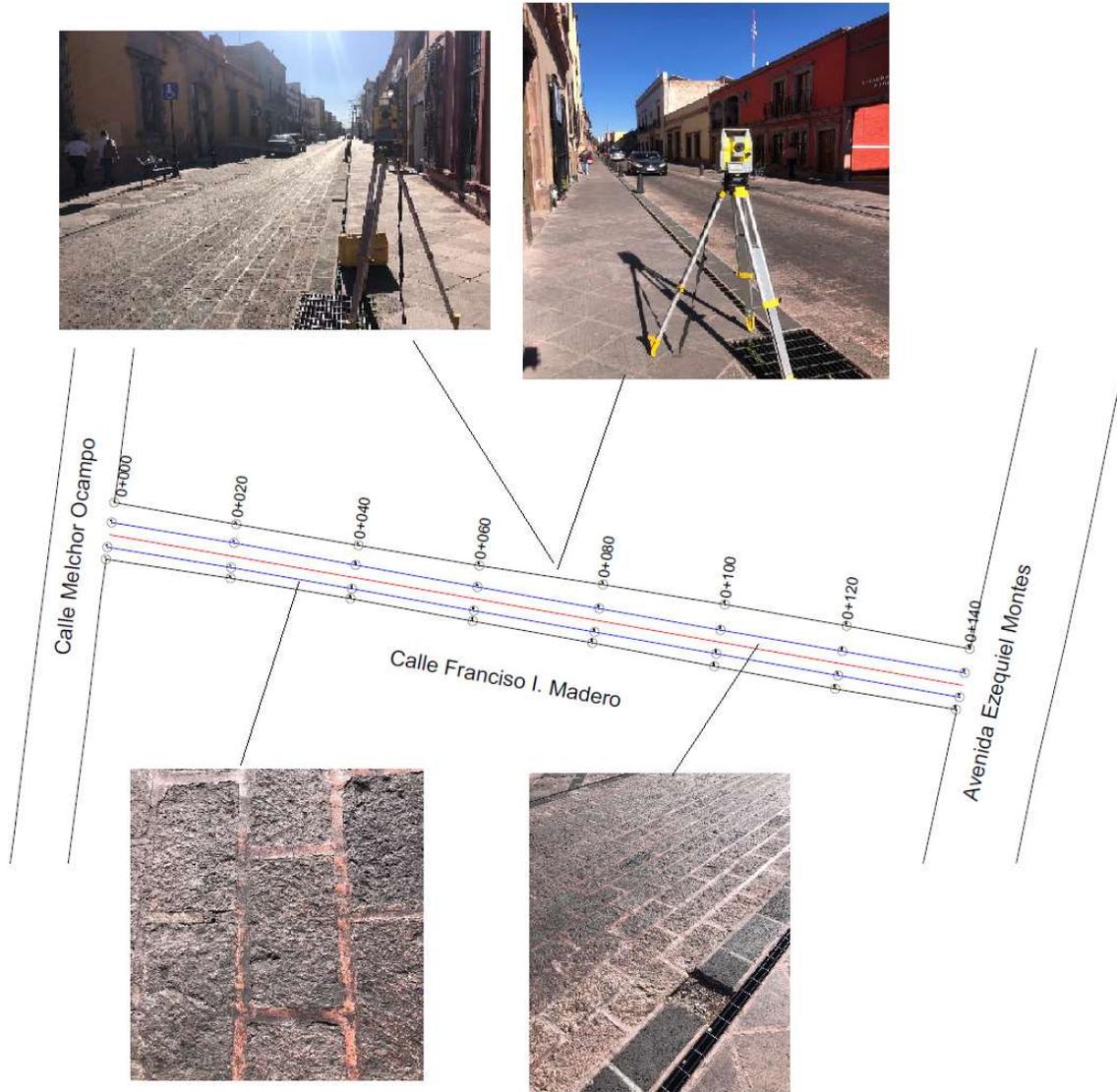


Figura 49. Reporte fotográfico calle Francisco I. Madero

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.5 Calle Vicente Guerrero

En la Figura 50, se describen las muestras a evaluar y no evaluadas de acuerdo con la Tabla 21.

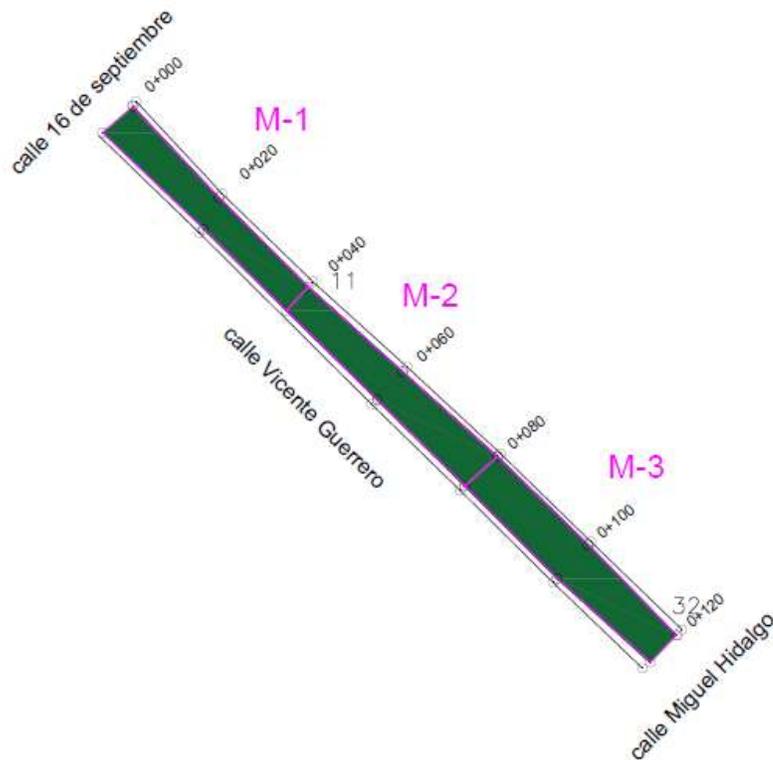


Figura 50. Tramos muestra ICP- Calle Vicente Guerrero

Fuente: Elaboración propia

Para el levantamiento en campo se hacen las siguientes observaciones:

- La hora de inicio del levantamiento es de 13:15 el día 14 de diciembre del 2021 y termina en la misma fecha a las 13:55, esto con un tiempo de levantamiento en campo de 0 horas con 40 minutos.
- Se hace el levantamiento a cada 20 metros.
- Se levanta el nivel de calle, así como de las banquetas.
- Se levantan 37 puntos en 120 metros
- Se levantan 4 puntos de deterioros
- El tránsito de vehículos sobre la vialidad, así como el de personas en banquetas dificultan las lecturas de la estación total con el prisma, teniendo

que tomar en algunas ocasiones tres veces la lectura por interferencia del láser.

- g) El ayudante de topografía encargado del prisma corre riesgos diversos al estar sobre la vialidad.
- h) El tránsito de personas sobre las banquetas puede ocasionar que muevan la estación total por descuido con lo cual se desnivela y pueda dañarse.
- i) Las banquetas varían de ancho, sin embargo, el trípode puede abarcar toda la banqueta impidiendo el tránsito de personas.
- j) Los deterioros se encuentran sobre las vialidades, pero por el tránsito de vehículos es difícil poder levantar todos por lo cual solo se levantan aquellos de mayor envergadura y notables.
- k) Los vehículos tipo C2 que rebasan la altura máxima del prisma que se estacionan sobre los puntos a evaluar impiden la toma de lecturas.

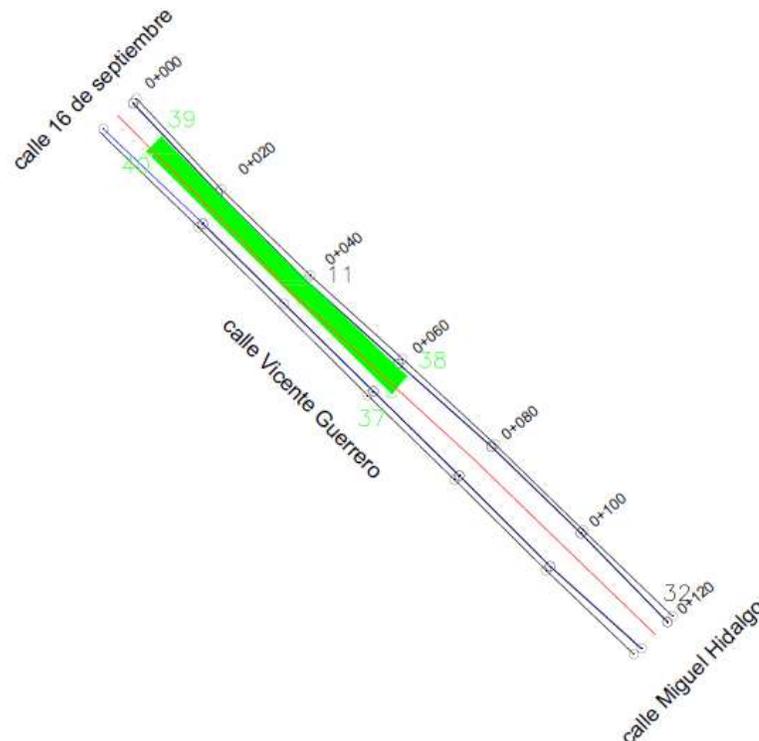


Figura 51. Planta longitudinal Calle Vicente Guerrero

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Descripción de puntos de deterioros

Punto	Descripción
37, 38, 39 y 40	Corresponden a un área de rodera sobre la vialidad

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.6 Reporte fotográfico calle Vicente Guerrero

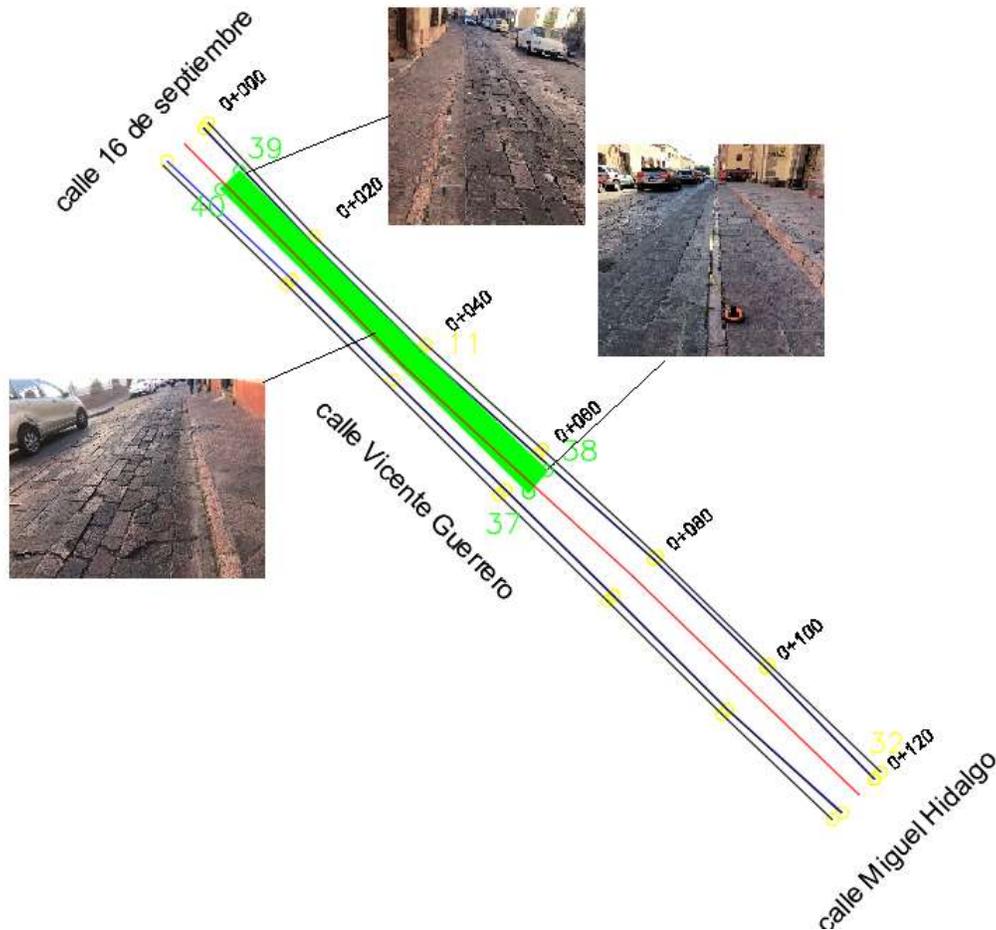


Figura 52. Reporte fotográfico calle Vicente Guerrero

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.7 Av. Corregidora

En la Figura 53, se describen las muestras a evaluar y no evaluadas de acuerdo con la Tabla 21.

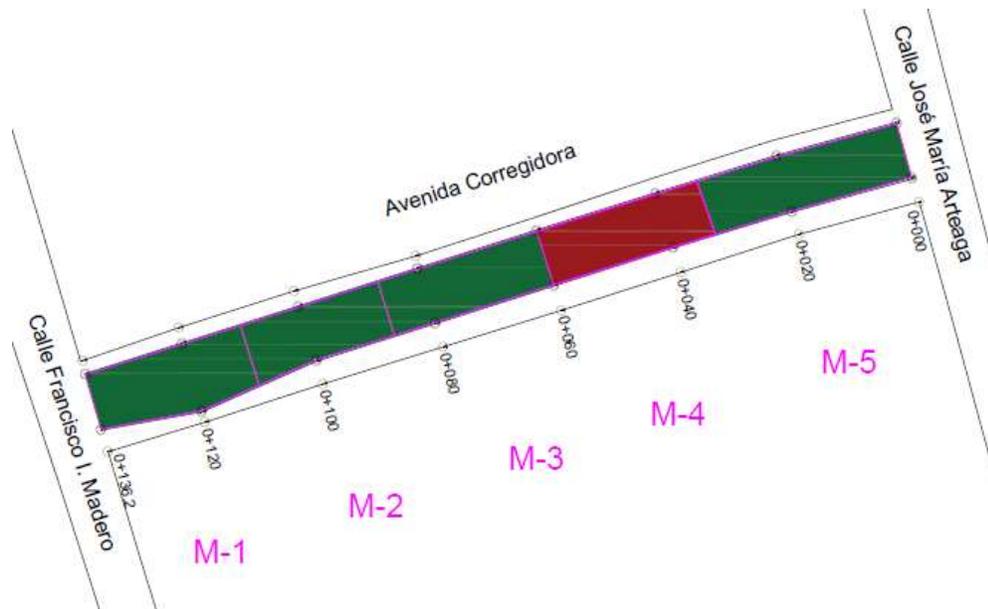


Figura 53. Tramos muestra ICP- Av. Corregidora

Fuente: Elaboración propia

Para el levantamiento en campo se hacen las siguientes observaciones:

- a) La hora de inicio del levantamiento es de 13:50 el día 17 de febrero del 2022 y termina en la misma fecha a las 15:10, esto con un tiempo de levantamiento en campo de 1 horas con 20 minutos.
- b) Se hace el levantamiento a cada 20 metros.
- c) Se levanta el nivel de calle, así como de las banquetas.
- d) Se levantan 39 puntos en 136.2 metros
- e) Se levantan 10 puntos de deterioros
- f) El tránsito de vehículos sobre la vialidad, así como el de personas en banquetas dificultan las lecturas de la estación total con el prisma, teniendo que tomar en algunas ocasiones tres veces la lectura por interferencia del láser.
- g) El ayudante de topografía encargado del prisma corre riesgos diversos al estar sobre la vialidad.

- h) El tránsito de personas sobre las banquetas puede ocasionar que muevan la estación total por descuido con lo cual se desnivela y pueda dañarse.
- i) Las banquetas varían de ancho, sin embargo, el trípode puede abarcar toda la banqueta impidiendo el tránsito de personas.
- j) Los deterioros se encuentran sobre las vialidades, pero por el tránsito de vehículos es difícil poder levantar todos por lo cual solo se levantan aquellos de mayor envergadura y notables.
- k) Los vehículos tipo C2 que rebasan la altura máxima del prisma que se estacionan sobre los puntos a evaluar impiden la toma de lecturas.

Las diferencias de niveles del terreno impiden en algunas ocasiones la toma de lecturas por lo que hay que elevar el prisma

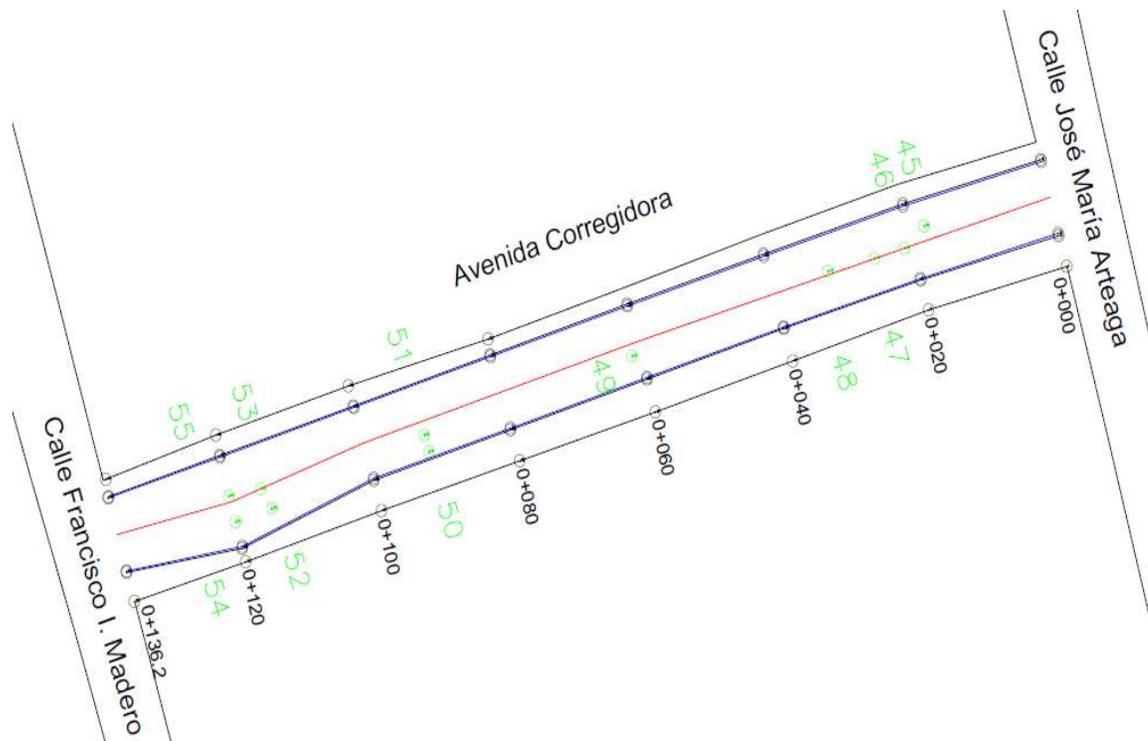


Figura 54. Planta longitudinal Av. Corregidora

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.8 Reporte fotográfico Av. Corregidora

Tabla 25 Descripción de puntos de deterioros

Punto	Descripción
45-48	Rodera
49	Perdida de adoquín
52-55	Bache, grietas y perdida de juntas con adoquín

Fuente: Elaboración propia



Figura 55. Reporte fotográfico Av. Corregidora

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.9 Avenida Benito Juárez

De acuerdo con la Figura 56, se describen las muestras a evaluar y no evaluadas de acuerdo con la Tabla 21.



Figura 56. Tramos muestra ICP- calle Benito Juárez

Fuente: Elaboración propia

Para el levantamiento en campo se hacen las siguientes observaciones:

- a) La hora de inicio del levantamiento es de 14:00 el día 16 de diciembre del 2021 y termina en la misma fecha a las 15:20, esto con un tiempo de levantamiento en campo de 1 horas con 20 minutos.
- b) Se hace el levantamiento a cada 20 metros.
- c) Se levanta el nivel de calle, así como de las banquetas.
- d) Se levantan 50 puntos en 140 metros
- e) Se levantan 9 puntos de deterioros
- f) El tránsito de vehículos sobre la vialidad, así como el de personas en banquetas dificultan las lecturas de la estación total con el prisma, teniendo que tomar en algunas ocasiones tres veces la lectura por interferencia del láser.

- g) El ayudante de topografía encargado del prisma corre riesgos diversos al estar sobre la vialidad.
- h) El tránsito de personas sobre las banquetas puede ocasionar que muevan la estación total por descuido con lo cual se desnivela y pueda dañarse.
- i) Las banquetas varían de ancho, sin embargo, el trípode puede abarcar toda la banqueta impidiendo el tránsito de personas.
- j) Los deterioros se encuentran sobre las vialidades, pero por el tránsito de vehículos es difícil poder levantar todos por lo cual solo se levantan aquellos de mayor envergadura y notables.
- k) Los vehículos tipo C2 que rebasan la altura máxima del prisma que se estacionan sobre los puntos a evaluar impiden la toma de lecturas.
- l) Las diferencias de niveles del terreno impiden en algunas ocasiones la toma de lecturas por lo que hay que elevar el prisma

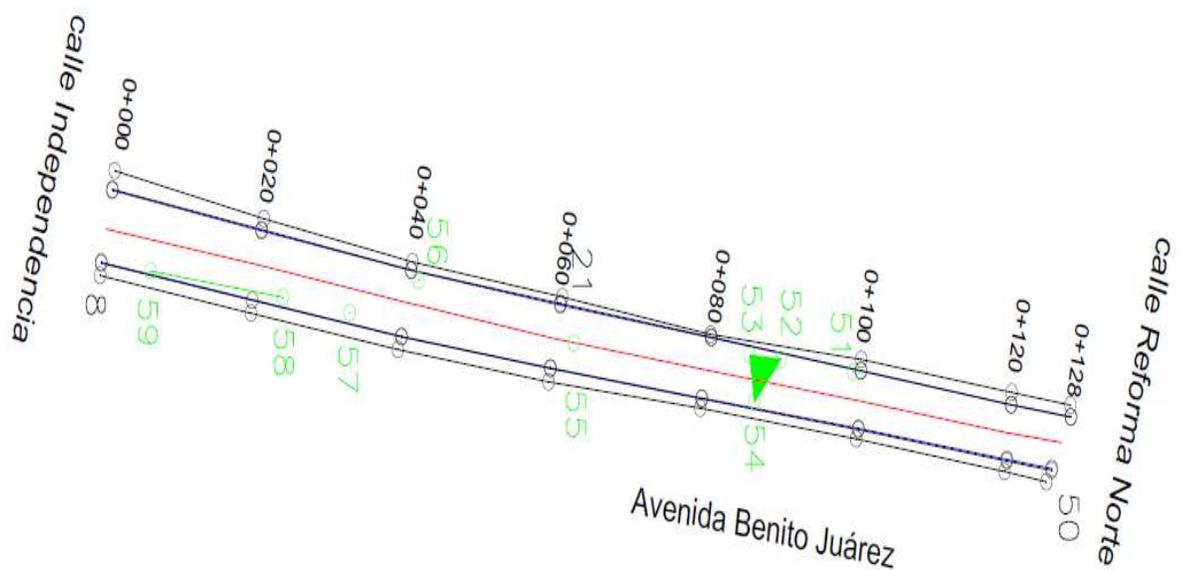


Figura 57. Planta longitudinal calle Benito Juárez

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.10 Reporte fotográfico calle Benito Juárez

Tabla 26 Descripción de puntos de deterioros

Punto	Descripción
57 y 51	Corresponden a un deterioro sobre tapa de registro CEA
58-59	Se levanta la longitud de una rodera del lado izquierdo
54	Depresión del pavimento y pérdida de estructura
52-53-54	Se levanta un área deformada con depresión y pérdida de adoquín
56	Depresión del pavimento y pérdida de estructura

Fuente: Elaboración propia

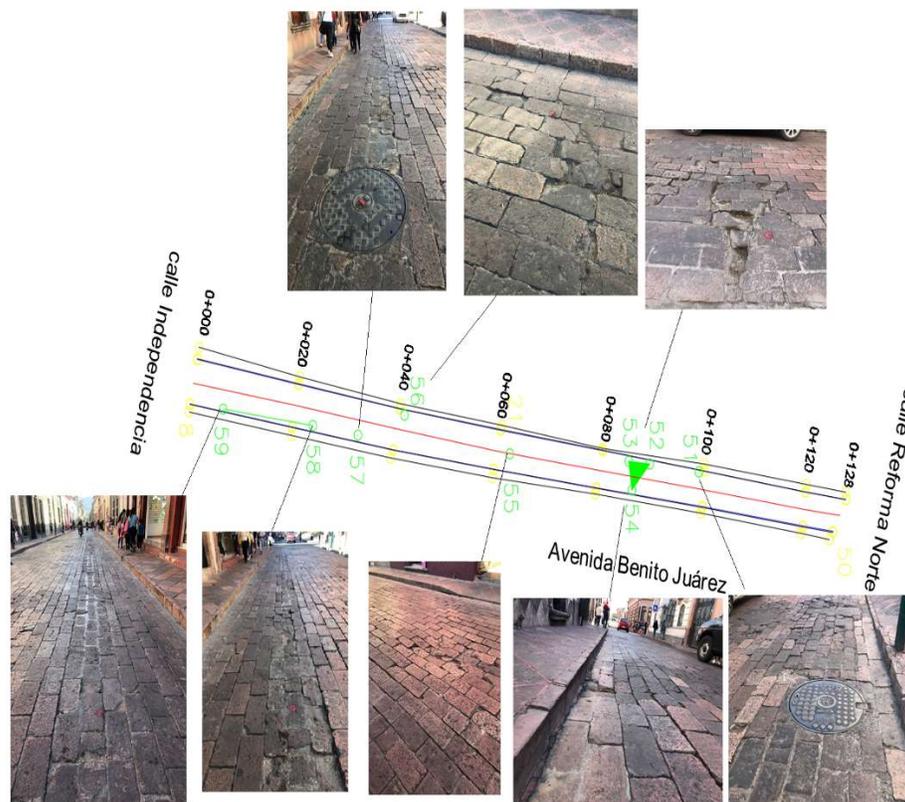


Figura 58. Reporte fotográfico calle Benito Juárez

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.11 Calle Miguel Hidalgo

En la Figura 59, se describen las muestras a evaluar y no evaluadas de acuerdo con la Tabla 21.

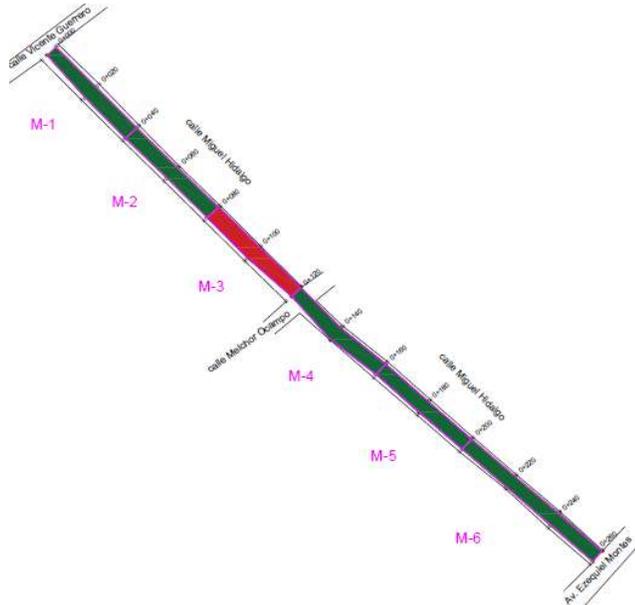


Figura 59. Tramos muestra ICP- calle Miguel Hidalgo

Fuente: Elaboración propia

Para el levantamiento en campo se hacen las siguientes observaciones:

- La hora de inicio del levantamiento es de 10:00 am el día 13 de diciembre del 2021 y termina en la misma fecha a las 13:10, esto con un tiempo de levantamiento en campo de 3 horas con 10 minutos.
- Se hace el levantamiento a cada 20 metros.
- Se levanta el nivel de calle, así como de las banquetas.
- Se levantan 84 puntos en 260 metros
- Se levantan 14 puntos de deterioros
- El tránsito de vehículos sobre la vialidad, así como el de personas en banquetas dificultan las lecturas de la estación total con el prisma, teniendo que tomar en algunas ocasiones tres veces la lectura por interferencia del láser.

- g) El ayudante de topografía encargado del prisma corre riesgos diversos al estar sobre la vialidad.
- h) El tránsito de personas sobre las banquetas puede ocasionar que muevan la estación total por descuido con lo cual se desnivela y pueda dañarse.
- i) Las banquetas varían de ancho, sin embargo, el trípode puede abarcar toda la banqueta impidiendo el tránsito de personas.
- j) Los deterioros se encuentran sobre las vialidades, pero por el tránsito de vehículos es difícil poder levantar todos por lo cual solo se levantan aquellos de mayor envergadura y notables.

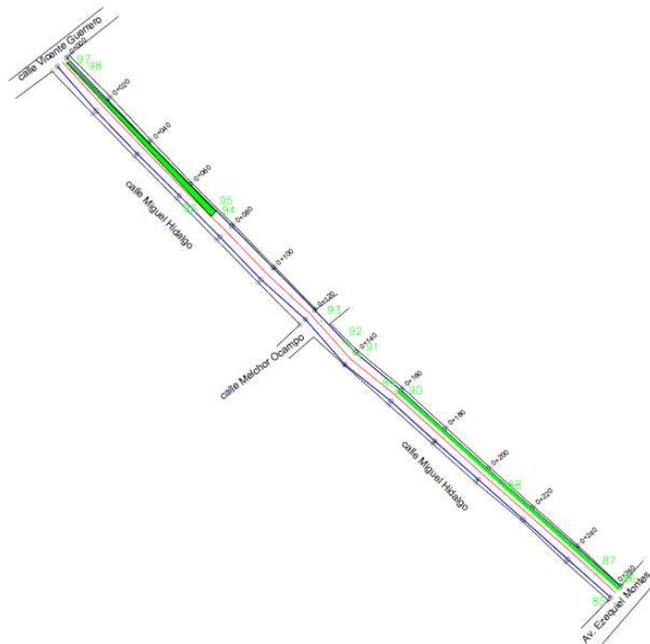


Figura 60. Planta longitudinal calle Miguel Hidalgo

Fuente: Elaboración propia

4.1.11.12 Reporte fotográfico calle Miguel Hidalgo

Tabla 27. Descripción de puntos de deterioros

Punto	Descripción
85,86,89 y 90	Corresponden a un área de rodera sobre la vialidad

Punto	Descripción
88	Corresponde a falta de adoquín, se observan más de esta pérdida de adoquín sobre la vialidad sin embargo no es posible realizar levantamiento
92-91	Se observa una falta de drenaje al acumularse del lado izquierdo agua en el sentido del cadenamiento.
93	Se observa un mal acomodo de adoquín para una intersección y registro de CEA.
96	Registro de CEA
94, 95, 97 y 98	Corresponden a un área de rodera sobre la vialidad.

Fuente: Elaboración propia

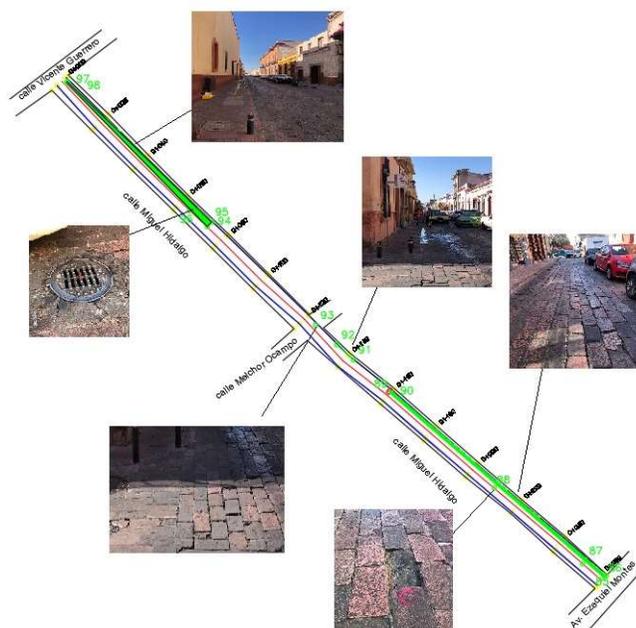


Figura 61 Resumen levantamiento topografía deterioros Calle Miguel Hidalgo

Fuente: Elaboración propia

4.2 Evaluación del pavimento por método UAV

4.2.1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-107-SCT3-2019

Estas ubicaciones se proponen para dar cumplimiento a las consideraciones de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-107-SCT3-2019, la cual establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano.

4.2.2 Posición de vuelos UAV

4.2.2.1 Cumplimiento de requerimientos de la Norma

1. *Las posiciones actuales que se presentan en la siguiente tabla cumplen con el punto 4.10.2. “El piloto debe operar el RPAS a una distancia de separación de al menos 0.900 Km (0.5 MN) de cualquier helipuerto.”, puesto que no se encuentra el área de los trabajos dentro de un helipuerto. Se cumple.*

2. *El piloto cumple con el punto 4.10.3. “El piloto del RPAS no debe dejar caer y/o arrojar (aunque tenga paracaídas) objetos o materiales que puedan causar daño a cualquier persona o propiedad.”, puesto que el proyecto no contempla que el RPAS contenga objetos que se desprendan. De la misma manera se cumplen con los puntos del 4.10.4 al 4.14 y 4.11.4 relacionados con la operación del piloto puesto que se cumplirán con todos los puntos, siendo realizadas las operaciones de vuelo con alto grado de responsabilidad. Se cumple.*

3. *Se cumple con el punto 4.10.15. “Los RPAS para investigación científica, deben obtener autorización de la Autoridad Aeronáutica, conforme a lo indicado en la presente Norma Oficial Mexicana, autorización de INEGI en cumplimiento con los artículos 60 y 61 de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica y permiso de la Secretaría de la Defensa Nacional en cumplimiento con el artículo 29 fracción XVIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.” Los permisos se muestran en el apéndice 7.1.*

5. *Los vuelos se realizarán durante el día, cumpliendo con el punto 8.1.2.1. de la Norma mexicana. Se cumple.*

6. Se considera el uso de un RPAS pequeño privado no comercial para lo cual se cumple con el punto 6.2.1. *“No operar sobre personas, a menos que participen directamente en la operación de la RPA o estén situadas debajo de una estructura que les provea de una protección razonable en caso de desplome de la RPA. Salvo lo indicado en el numeral 8.3 de la presente Norma Oficial Mexicana.”* Esto debido a que los vuelos se realizaran sobre las vialidades donde las personas se encuentran dentro de un vehículo que es una estructura que les provee de protección. Se cumple.

6.1. Se cumple con el punto 6.2.1 i) *“Al menos 30 metros (98 ft), para los RPAS con un peso máximo de despegue mayor a 2 Kg y hasta 10 Kg”*, debido a que los lugares que se han designado para los vuelos son parques, se realizaran entre horarios de 5:30 am a 8:00 am, donde el tránsito de peatones es menor, y se colocaran un perímetro de seguridad. Estos lugares designados para vuelo y aterrizaje cuentan con el espacio horizontal requerido de 30 metros en horizontal.

6.2. Se cumple el punto 6.2.3.4 puesto que se utiliza el software PIX4D, para darle cumplimiento a dicho punto.

Se ubican en la Tabla 29 los lugares que cumplen con la normativa NOM-107-SCT3-2019 para puntos de vuelo y aterrizaje, están dentro del área de estudio, los cuales se enlistan a continuación:

Tabla 28. Puntos de despegue y aterrizaje UAV

Vialidad principal	Ubicación	Referencia	Norma
Av. Ezequiel Montes	Plaza Mariano de las casas		CUMPLE

Av Corregidora	Jardín Zenea		CUMPLE
Calle Benito Juárez	Plaza constitución		CUMPLE
Calle Vicente Guerrero	Jardín Guerrero		CUMPLE

Fuente: elaboración propia.

4.2.3 Plan de vuelo

Se basará la elaboración del plan de vuelo conforme a lo revisado en el estado del arte, el cual es necesario para este trabajo, ya que, por razones de seguridad del equipo, por el área que recorre, y el valor de este, y recomendación de diversos autores, además de que la Normativa SICT descrita anteriormente, así lo indica.

Se realiza el vuelo con UAV Phantom 4, el cual contiene las especificaciones de acuerdo a la Tabla 30.

Tabla 29. Especificaciones Phantom 4.

Descripción	Especificación del equipo
Peso (Batería y Hélices Incluidas)	1380 g
Tamaño Diagonal (Hélices Excluidas)	350 mm
Velocidad Máx. en Ascenso	6 m/s

Velocidad Máx. en Descenso	4 m/s
Precisión en Vuelo Estacionario	Vertical: +/- 0.1 m (si el Posicionamiento Visual está activado) o +/- 0.5 m Horizontal: +/- 1.5 m
Velocidad Máx.	72 km/h (modo-S)
Altura Max. de Servicio sobre el Nivel del Mar	6000 m (Límite de altura por defecto: 120 m sobre el punto de despegue)
Temperatura de Funcionamiento	de 0°C a 40°C
Modo GPS	GPS/GLONASS
Máx. Duración de Vuelo	Aproximadamente 28 minutos

Fuente: Elaboración propia con especificaciones DJI.

4.2.3.1 Plan de vuelo general

Tabla 30. Plan de vuelo general

Procedimiento	Descripción del procedimiento
1. Área de estudio	Se evaluarán las vialidades que se mencionan en los objetivos de la presente investigación.
2. Objetivo del vuelo	Se harán vuelos para cumplir con la evaluación de las vialidades propuestas en los objetivos y poder comprobar la hipótesis.

3. Tipo de cámara que montamos en el equipo	Sensor	1/2.3"
		Píxeles efectivos: 12.4 M (píxeles totales: 12.7 M)
	Lente	FOV 94° 20 mm (35 mm formato equivalente) enfoque a ∞
	Rango ISO	100-3200 (vídeo) 100-1600 (foto)
	Velocidad Obturador	Del 8s -1/8000s
Tamaño Imagen	Máx. de 4000×3000	

4. Hora y día del vuelo (Altura del sol, se utiliza

<http://www.sunearthtools.com/> para averiguar la elevación del sol para esa fecha y hora, buscando una altura mínima de 35°)

Se realizan vuelos entre las 9:00 a las 16:00 hrs.

5. Condiciones del tiempo atmosférico (Se apoya en el software UAV Forecast) Bueno para volar.

6. Escala fotográfica y cartográfica (altura del vuelo) La altura del vuelo es de 60 metros
7. Tamaño de cada fotografía y resolución espacial (tamaño del pixel) El tamaño GSD es de 2.62 cm/px
8. Traslape de las imágenes (transversal y longitudinal) El traslape transversal es del 80% y el longitudinal del 70%. (Ver figura 33), cumpliendo el mínimo de la N-PRY-1-01/07
9. Número de líneas y fotogramas El número de líneas y fotografías se muestran en el Plan de vuelo individual
10. Tiempo de vuelo, distancia recorrida y nivel de batería. El tiempo de vuelo es variable en los diferentes vuelos

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2 Planes de vuelos específicos

Tabla 31. Plan de vuelo objetivo específico 1.

Objetivo	Av. Ezequiel Montes	Calle Francisco I. Madero	Calle Vicente Guerrero
Altura del sol	✓	✓	✓
UAV Forecast	✓	✓	✓
Traslape	Transversal de 80% y longitudinal de 70%		
Angulo de camara	90°	90°	90°

Fuente: Elaboración propia.

Para la validación

Tabla 32. Plan de vuelo objetivo específico para validación.

Objetivo	Av. Corregidora	Calle Benito Juárez	Calle Miguel Hidalgo
Altura del sol	✓	✓	✓
UAV Forecast	✓	✓	✓
Traslape	Transversal de 80% y longitudinal de 70%		
Angulo de camara	90°	90°	90°

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Ortomosaicos generados

El conjunto de imágenes obtenidas por los vuelos con UAV, son cargadas en el Software Agisoft PhotoScan Professional version 1.4.5 build 7354, en donde se realiza el procedimiento, descrito en la Figura 62.

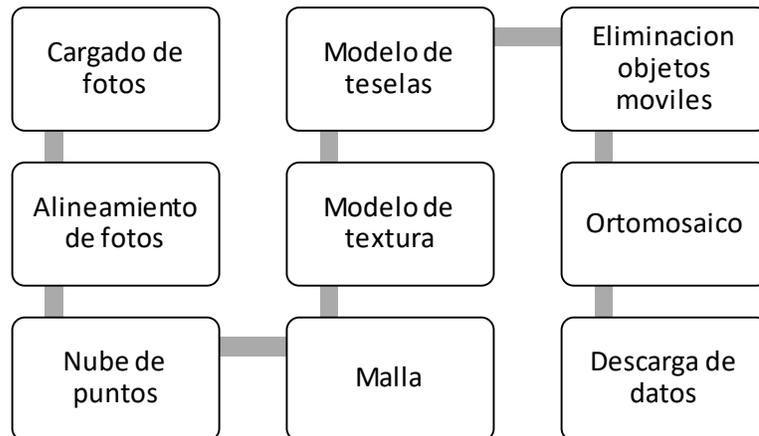


Figura 62. Procedimiento creación ortomosaico Agisoft PhotoScan.

Fuente: Elaboración propia con base en Dadrasjavan *et al.* (2019).

Además, se busca eliminar algunos objetos que interfieran en la detección de los deterioros como personas y vehículos Dadrasjavan *et al.* (2019). Una vez terminado el pre-procesamiento se exporta el ortomosaico, generando una imagen de alta resolución basada en las fotos de origen y el modelo reconstruido.

4.2.4.1 Av. Ezequiel Montes



Figura 63. Ortomosaico av. Ezequiel Montes

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.2 Calle Francisco I. Madero



Figura 64. Ortomosaico Calle Francisco I. Madero

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.3 Calle Vicente Guerrero



Figura 65. Ortomosaico Calle Vicente Guerrero

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.4 Av. Corregidora



Figura 66. Ortomosaico de Av. Corregidora

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.5 Calle Benito Juárez

Esta evaluación se realizó cinco veces, sin tener éxito alguno, ya que, al realizar la programación del plan de vuelo, este perdía señal y aunque no se perdía visibilidad con el UAV, este pudo haber sufrido algún accidente, algunas de las posibles causas pueden ser las siguientes:

- a) Inhibidor de frecuencia
- b) Bloqueador de señal celular
- c) Inhibidor de GPS
- d) Inhibidor de WIFI
- e) Interferencia por la gran cantidad de antenas que se encuentran en el área de estudio
- f) Inhibidor de drones
- g) Interferencias magnéticas por antenas, líneas eléctricas, techos de metal, torres de emisión y recepción de datos.

4.2.4.6 Calle Miguel Hidalgo



Figura 67. Ortomosaico Calle Miguel Hidalgo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Tabla comparativa tamaño de pixel

Objetivo	Vialidad a evaluar	Altura de vuelo promedio	Tamaño GSD	Error de proyección
Específico(1)	Av. Ezequiel Montes	63.9 m	2.32 cm/px	0.578 pix
	Calle Francisco I. Madero	59.5 m	2.25 cm/px	0.594 pix
	Calle Vicente Guerrero	60.9 m	2.26 cm/px	0.534 pix
	Av. Corregidora	59.2 m	2.25 cm/px	0.611 pix
Específico(2) (Validación)	Calle Benito Juárez	X	X	X
	Calle Miguel Hidalgo	63.2 m	2.24 cm/px	0.617 pix

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 fotointerpretación de ortomosaicos

De acuerdo con Dadrasjavan *et al.* (2019), existen diferentes tipos de características que se pueden aplicar a las imágenes para la detección de deterioros, y se divide en tres grupos de características: Espectrales (RGB y bandas espectrales), texturales (contrastes, correlaciones, homogeneidad y energía) y estructurales (Orientación, Excentricidad, longitud y Medida), para esta investigación se aplicaran las características espectrales debido a que se busca realizar el conteo del mayor número de deterioros y sin profundizar en sus características geométricas.

Mediante el software ArcGis, se evalúan las vialidades de los objetivos, en estas se han aplicado técnicas de procesamiento como lo son modificación RGB (*Red, blue y green*), efecto de sombras y bandas espectrales de colores con rangos de 0 a 255, lo que se busca no es modelo digital de elevaciones (MDE), que claro que sirve para calcular las curvas de nivel si mis vialidades tuvieran pendientes, que pudieran ocasionar deterioros y poner realizar un análisis con el MDE, sin embargo las técnicas de procesamiento espectrales tienen el objetivo de mejorar la imagen, ya que se aprecian de mejor manera los deterioros por cambios de sombras y por lo tanto tomar decisiones correctas en base a los tipos de deterioros, como se muestra en la Figura 68.



Figura 68. Aplicación de técnicas de mejoramiento de imagen a ortomosaico

Fuente: Elaboración propia

Av Ezequiel montes

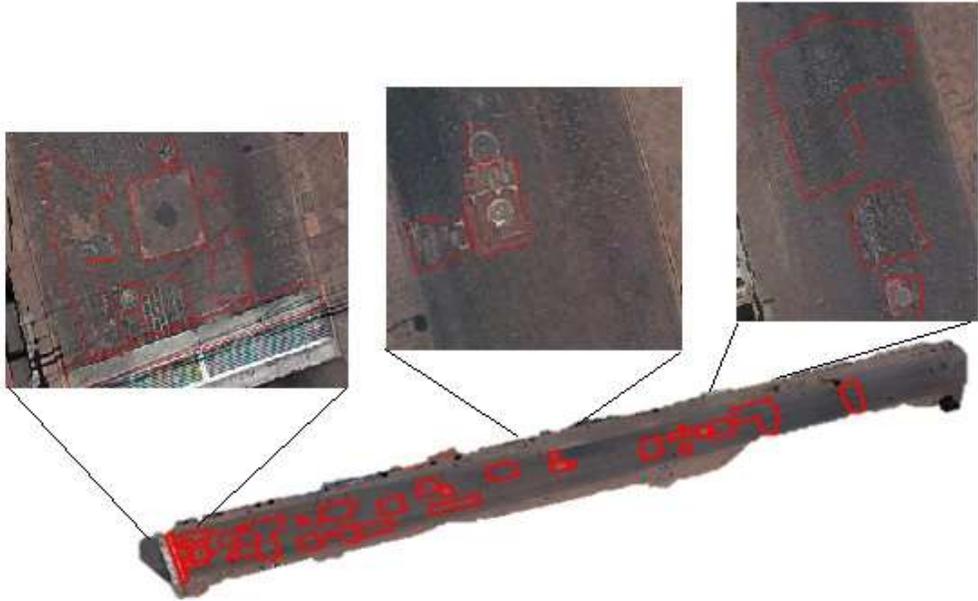


Figura 69. Deterioros UAV Av. Ezequiel Montes

Fuente: Elaboración propia

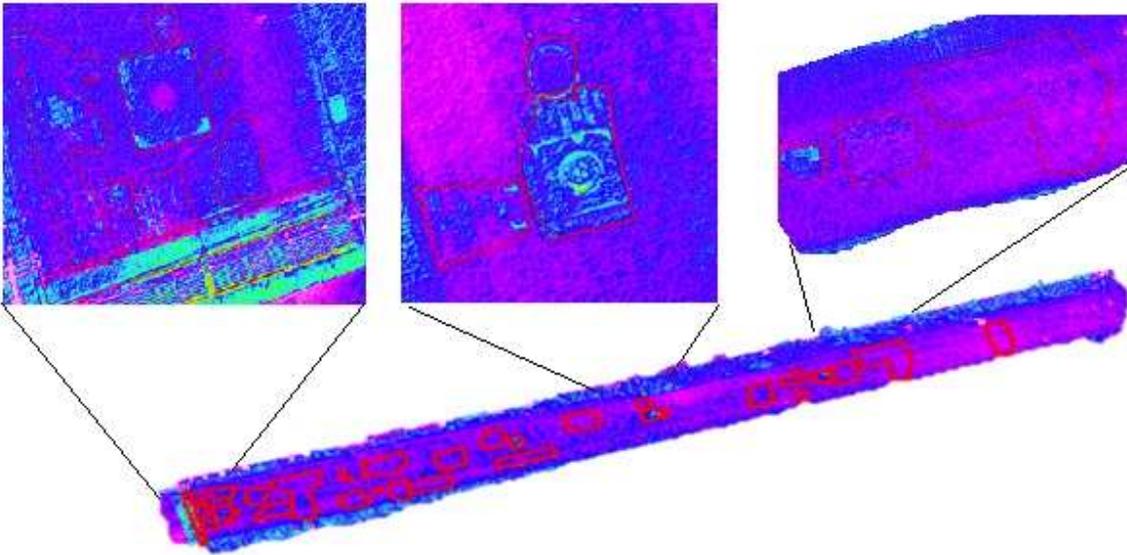


Figura 70. Ortomosaico espectral Av. Ezequiel Montes

Fuente: Elaboración propia

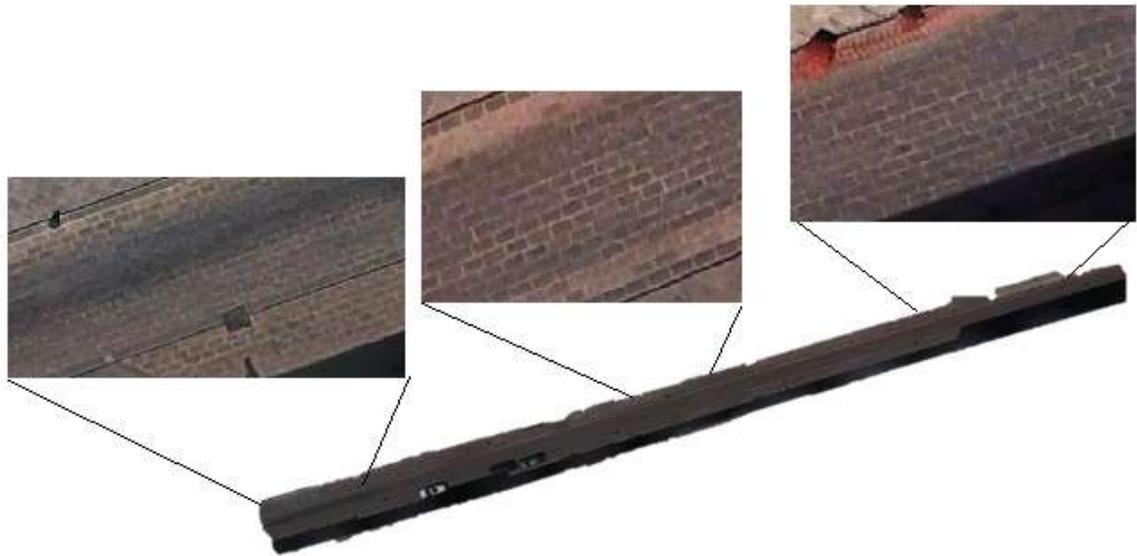


Figura 71. Deterioros UAV calle Francisco I. Madero.

Fuente: Elaboración propia

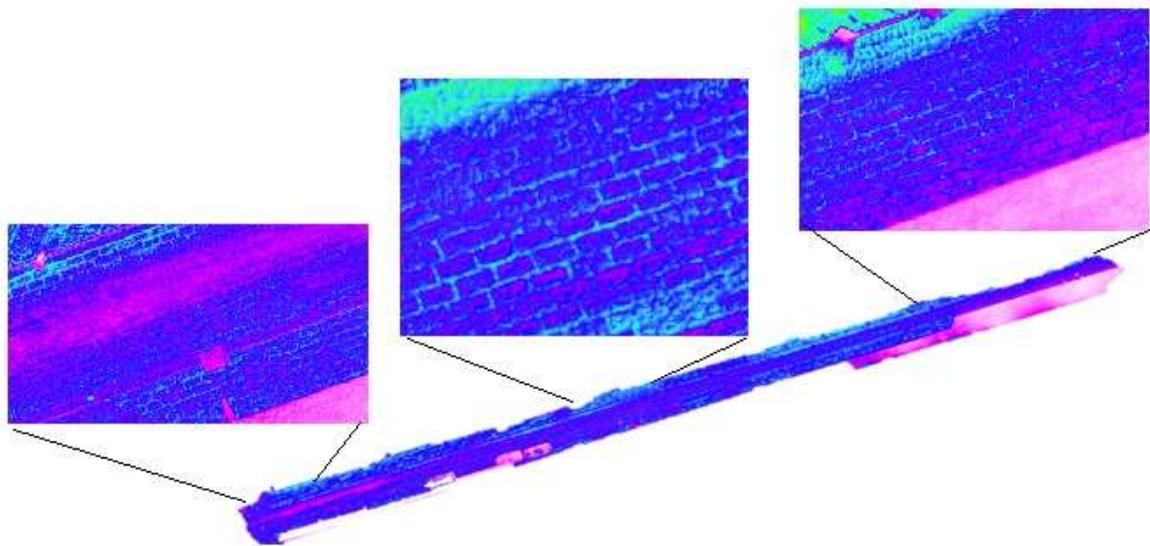


Figura 72. Ortomosaico espectral calle Francisco I. Madero

Fuente: Elaboración propia

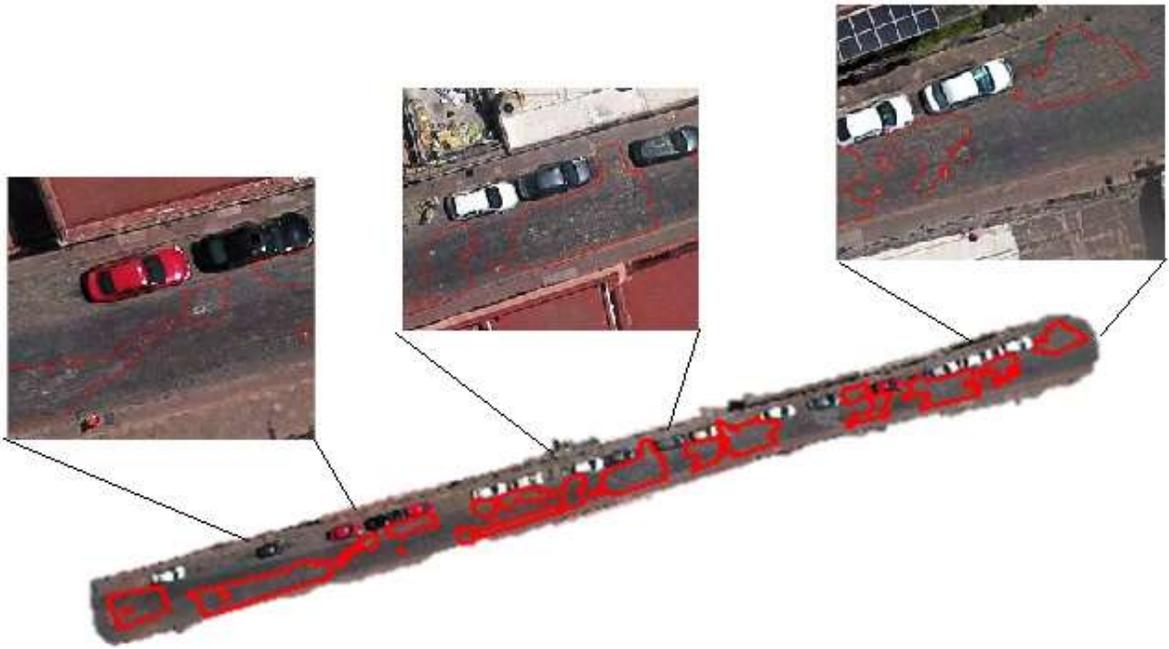


Figura 73. Deterioros UAV calle Vicente Guerrero

Fuente: Elaboración propia

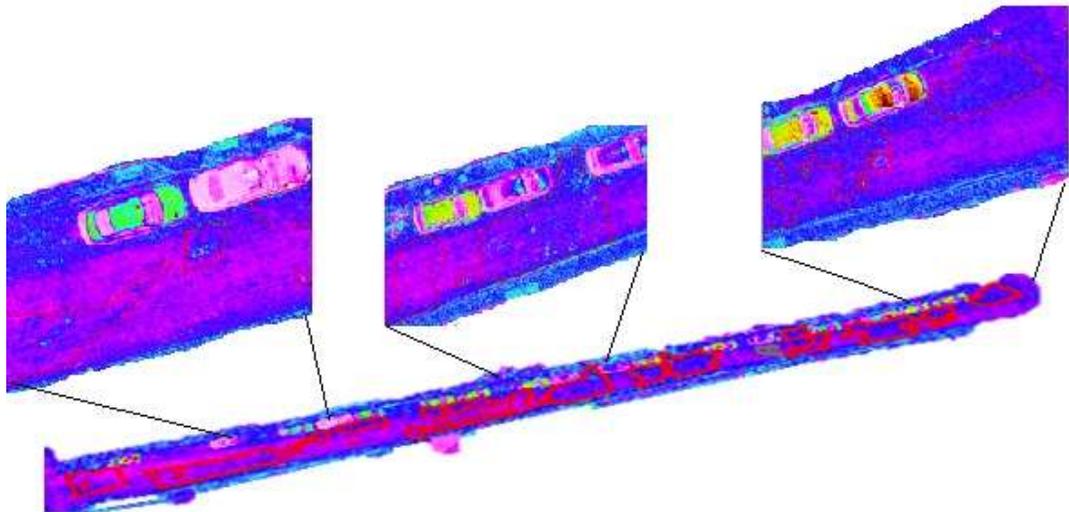


Figura 74. Ortomosaico espectral calle Vicente Guerrero

Fuente: Elaboración propia

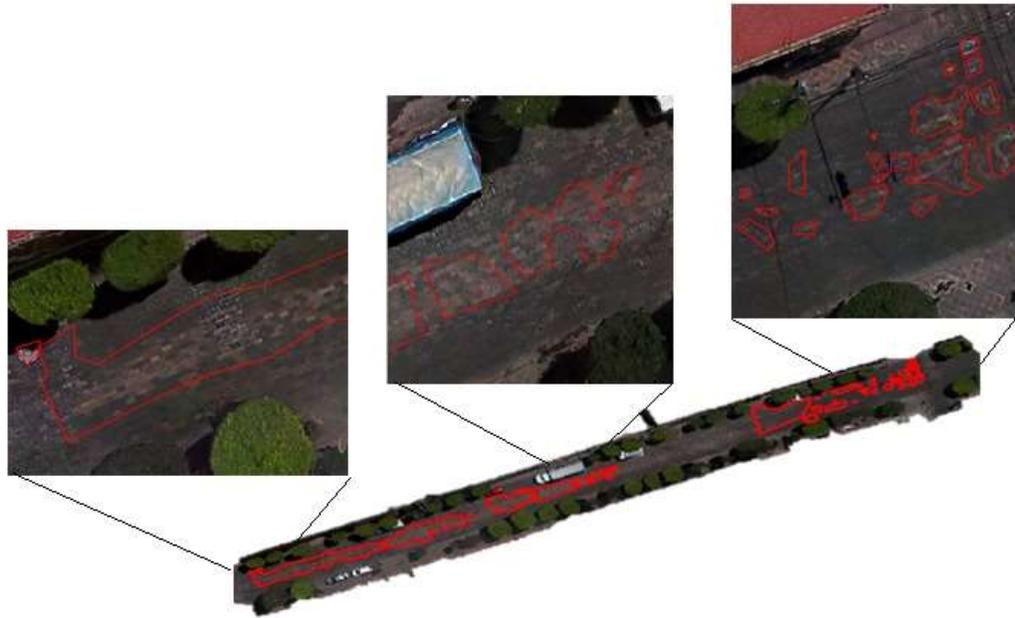


Figura 75. Deterioros UAV Av. Corregidora

Fuente: Elaboración propia

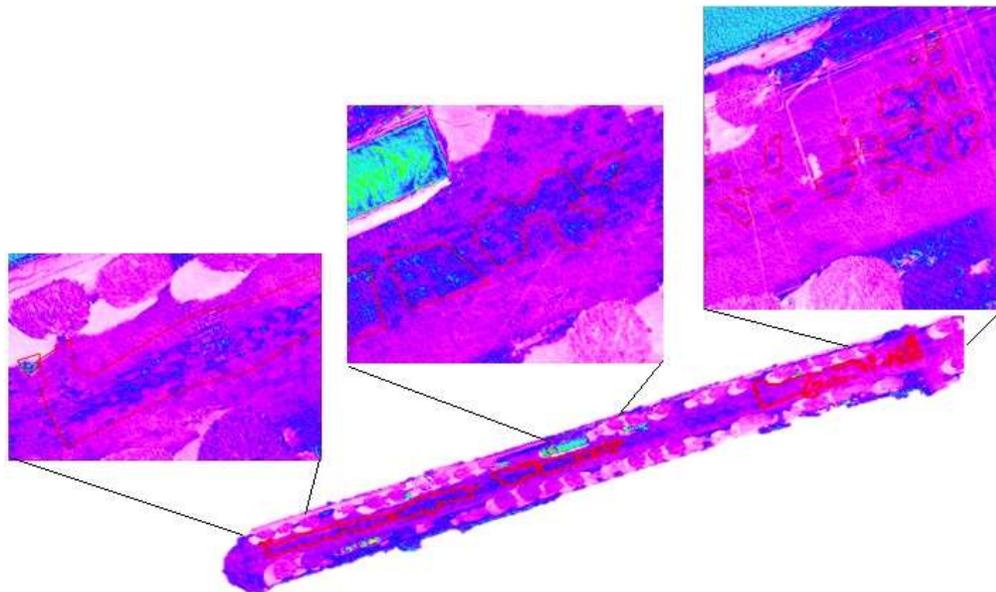


Figura 76. Ortomosaico espectral Av. Corregidora

Fuente: Elaboración propia

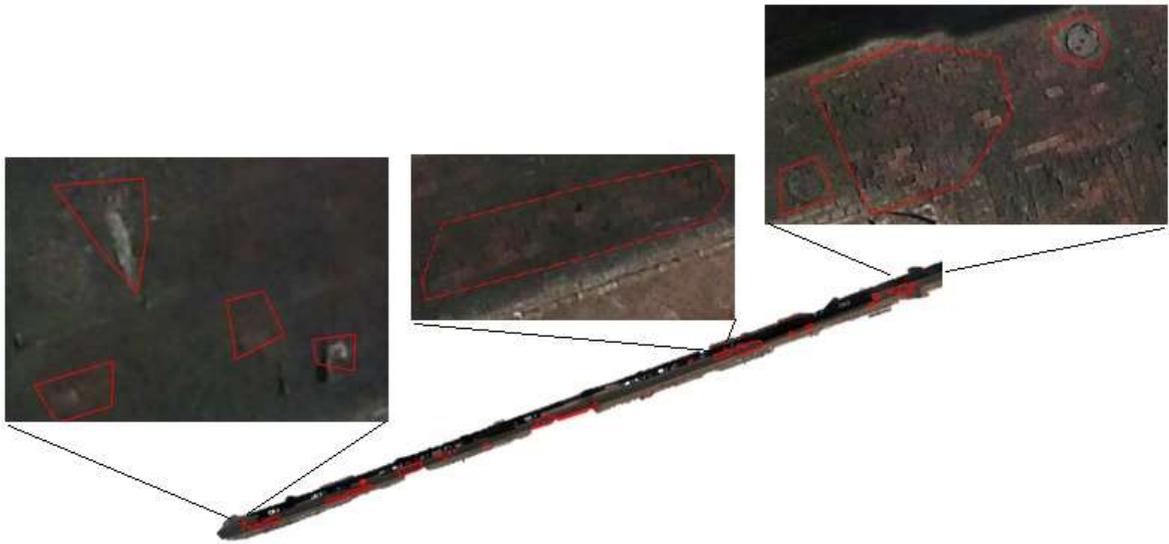


Figura 77. Deterioros UAV Calle Miguel Hidalgo

Fuente: Elaboración propia

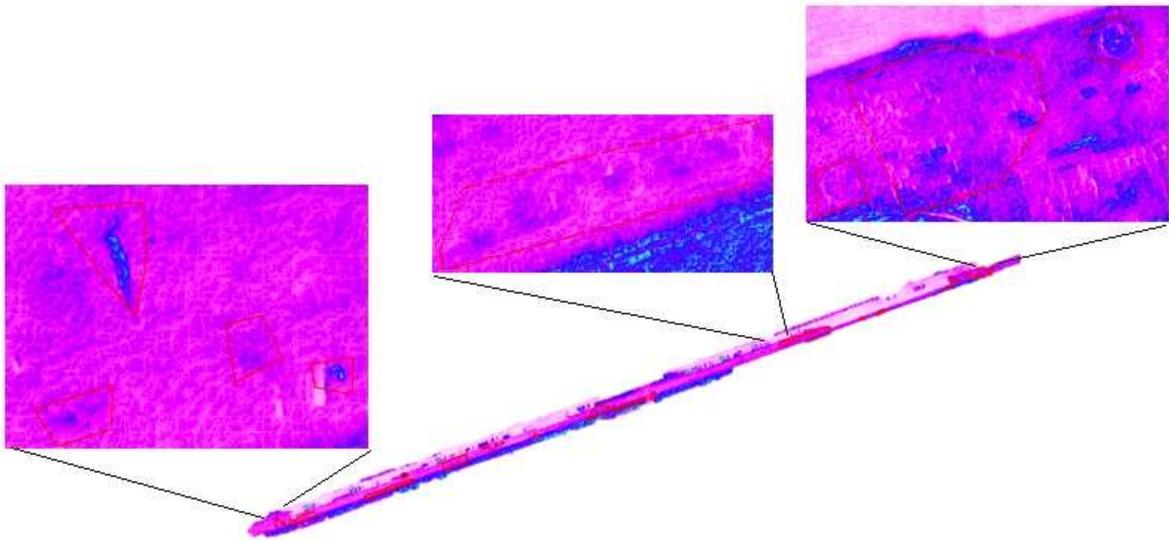


Figura 78. Ortomosaico espectral calle Miguel Hidalgo

Fuente: Elaboración propia

4.3 Comparación entre ambos métodos

Se realiza una comparación entre ambos métodos, buscando encontrar las diferencias entre los datos recabados del método tradicional y UAV, del cual se obtienen las Tablas 35 y 36.

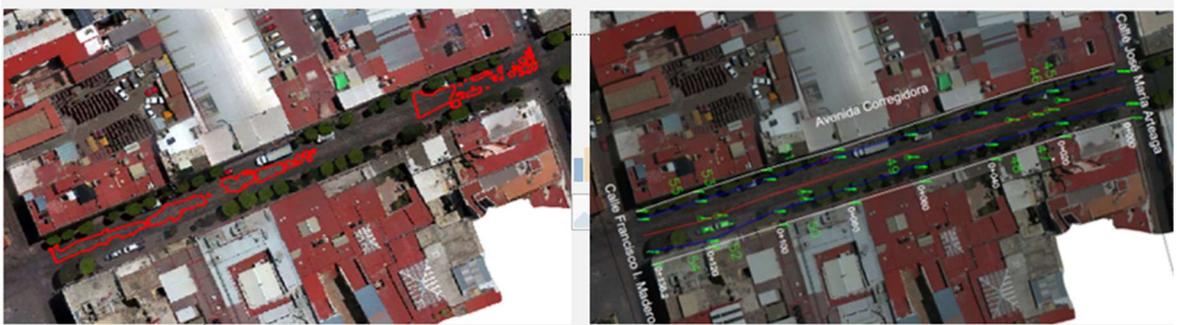


Figura 79. Comparación entre ambos métodos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Comparación entre ambos métodos

Concepto	Vialidad	Método tradicional	Método UAV	Diferencia
Tiempo	Av. Ezequiel Montes	109 min.	4 min 30 s.	104 min 30 s. 95.87 %
	Calle Francisco I. Madero	36 min.	4 min 19 s.	32 min 41 s 88.00%
	Calle Vicente Guerrero	40 min.	3 min 26 s	36 min 34 s 91.42%
	Av. Corregidora	80 min	3 min 46 s	76 min 14 s 95.29%

	Calle Benito Juárez	80 min.	---	---
	Calle Miguel Hidalgo	190 min.	4 min 8 s.	185 min 52 s 97.82%
	Promedio total del tiempo			93.68%
	Av. Ezequiel Montes	48	1,860 puntos/m ²	2,458,436.76 99.80%
Puntos levantados	Calle Francisco I. Madero	32	1,980 puntos/m ²	1,092,044.92 99.71%
	Calle Vicente Guerrero	37	1,970 puntos/m ²	1,436,790.38 99.74%
	Av. Corregidora	39	1,980 puntos/m ²	2,521,306.86 99.85%
	Calle Benito Juárez	50	---	---
	Calle Miguel Hidalgo	84	1,990 puntos/m ²	2,598,141.59 99.76%
	Total promedio de puntos levantados			99.76%
	Av. Ezequiel Montes	10	36	26 72.22%
	Calle Francisco I. Madero	0	0	0 0.00%

Deterioros levantados	Calle Vicente Guerrero	4	24	20 83.33%
	Av. Corregidora	10	43	33 76.74%
	Calle Benito Juárez	9	--	---
	Calle Miguel Hidalgo	14	31	17 54.84%
Total promedio de deterioros				70.40%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Ventajas y desventajas

Concepto	Método tradicional	Método UAV
Seguridad del personal	En este método hay que tener especial cuidado con los evaluadores (topógrafo y cadeneros) por el riesgo de sufrir un accidente en campo por el alto flujo vehicular.	Los evaluadores no sufren riesgos de accidentes, debido a que se encuentran en un área segura de despegue y aterrizaje.
Seguridad del equipo y herramienta	El equipo puede sufrir accidentes por el tránsito de personas o vehículos.	El equipo está en condiciones seguras, siempre que el evaluador esté capacitado y conozca los límites de las especificaciones del equipo.

Tiempo de evaluación	El tiempo de evaluación depende del lugar y hora en que sea realizado, esto debido a que retrasa la evaluación el tránsito de personas o vehículos.	El tiempo de evaluación es mínimo y no requiere de detener el tránsito peatonal o de vehículos. Se mejora el tiempo en un 93.68%.
Tiempo de procesamiento	El tiempo de procesamiento es menor debido a que los puntos levantados son menores.	El tiempo de procesamiento es mayor, esto debido a que los puntos levantados superan en millones a los del método tradicional, por lo cual, no hay comparación, depende del número total de imágenes.
Precisión	Distancia 2 mm + 2 ppm	Vertical: 1 mm (con posicionamiento por GPS) Horizontal: 1 mm (con posicionamiento por GPS)
Puntos levantados	Los puntos levantados para esta investigación no superan de 50.	Los puntos levantados para esta investigación superan los 57 millones. Se mejora el total de puntos levantados en un 99.99%.
Deterioros observados	No se puede realizar el levantamiento completo de puntos debido a la seguridad de los evaluadores, además de que se tendría que detener	Se mejora la observancia de los puntos levantados en un 70.40%.

el tránsito y formar filas de demora.

Personal Se requiere de mínimo 3 personas y equipo de seguridad (Chalecos, conos, etc.) Se requiere de al menos una persona.

Fuente: Elaboración propia

La creación de la nube total de puntos nos determina un modelo 3D, el cual es incomparable si se relaciona con el método tradicional.

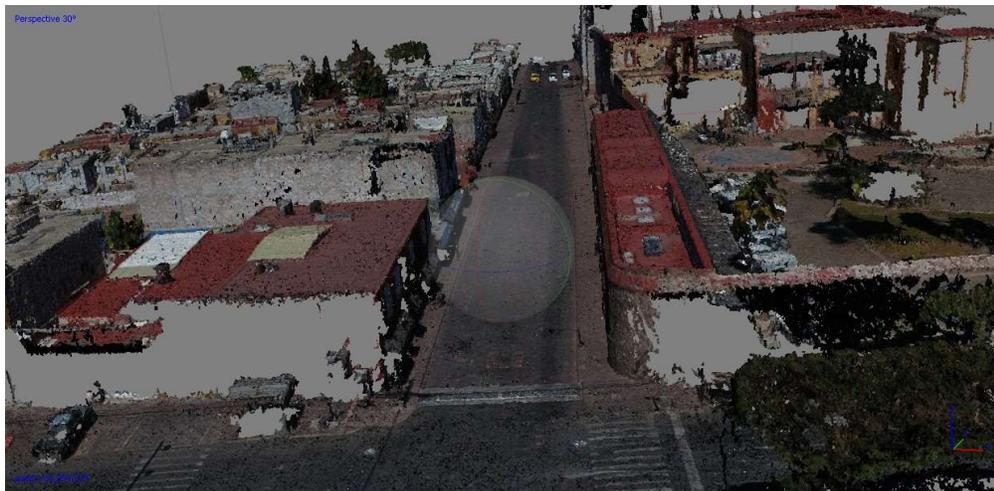


Figura 80. Nube de puntos densa calle Ezequiel Montes

Fuente: Elaboración propia

5 CONCLUSIONES

En la actualidad la incorporación de nuevas tecnologías a actividades cotidianas, mismas que innovan y mejoran las tareas que realizamos, es el continuo ciclo de la evolución de los métodos y técnicas que usamos día a día, siempre buscando optimizar las labores en maneras más rápidas, precisas y seguras, de la misma manera, los UAV o comúnmente conocidos como drones, han ido ganando terreno dentro de las actividades de los profesionales como personal de investigación, y en este caso particular en la ingeniería, al integrarlos en múltiples actividades como levantamientos topográficos (Lidar), control de obra, volumetrías, entre otras, por lo anterior la necesidad de seguir investigando al respecto, y de realizar la comparativa para levantamientos de deterioros entre el tiempo y precisión, innovándolo en detección de deterioros para pavimentos semirrígidos de adoquín, los cuales se encuentran en casi todos los centros históricos de México.

Para la integración de lo descrito en el estado del arte, se encontró la falta de información e investigación de los pavimentos semirrígidos, por lo que en la presente investigación para pavimentos semirrígidos de adoquín surge también la necesidad de innovar en la elaboración del catálogo de deterioros, encontrándose 10 tipos de deterioros, los cuales se enlistan en la Tabla 8, y con esto poder medir la gravedad del deterioro presentado, de acuerdo a la técnica subjetiva del ICP, de los deterioros presentados, para vialidades que han tenido trabajos de conservación como lo fue la calle Francisco I. Madero, los primeros deterioros que se presentan es la fisura de las juntas del adoquín, causadas por movimientos horizontales, el cual es el deterioro comúnmente encontrado en la zona de estudio, ocasionado por los componentes de la carga vehicular horizontal, fuertemente ligadas a adherencia con el pavimento, en la aceleración, al momento de frenar y los cambios o giro de dirección de las llantas, provocando que los elementos de adoquín se muevan o desplacen en conjunto con las juntas, rompiéndolas o fragmentándolas, por lo que es necesario se realice un correcto diseño de unión entre el adoquín o cinturones

en las intersecciones que impidan en desplazamiento horizontal de los elementos de adoquín.

Se selecciona como método convencional de levantamiento de deterioros, el cual es descrito por las normas SICT, que consiste en la estación total y su brigada, y en comparación el método propuesto de UAV, del cual se describen las ventajas y desventajas de acuerdo a la Tabla 35 y 36, de las cuales se puede concluir lo siguiente:

- 1.-El tiempo de levantamiento con el método UAV es 93.68% mayor en comparación con el método convencional.
- 2.- Los puntos levantados con el método UAV es 99.76% mayor en comparación con el método convencional.
- 3.- Los deterioros levantados con el método UAV es 70.40% mayor en comparación con el método convencional.
- 4.-Con el método UAV, se reduce el riesgo de accidente del personal y equipo, como se muestra en las Figuras 81, 82 y 83.

Por lo anterior se cumple la hipótesis planteada para la investigación, así mismo se concluye que este método no es aplicable en toda el área de estudio, de acuerdo a los resultados, las interferencias impiden un correcto levantamiento con el método UAV.

El tiempo de procesamiento del método UAV es mayor, de acuerdo a la Tabla 35, sin embargo, el número de puntos es incomparable ya que, sería demasiado el tiempo para realizar un levantamiento de todos los puntos con método convencional.



Figura 81. Levantamiento en sitio.

Fuente: Elaboración propia



Figura 82. Levantamiento estación total.

Fuente: elaboración propia.



Figura 83. Persona impide lectura de estación total.

Fuente: Elaboración propia.

Se debe agregar que, los ortomosaicos generados en la presente investigación, permiten sentar un antecedente a futuras fallas que puedan aparecer y con ello dar un panorama de la causa de las mismas, ya que estas se pueden analizar en cualquier momento. Además, gracias a la ortomosaico generada y la identificación de los deterioros, se puede elaborar planos de fallas de cada unidad de muestra, indicando el tipo de falla encontrada como su ubicación para su posterior mantenimiento correctivo. Como lo realizado en la metodología UAV se pueden eliminar objetos movibles, como vehículos y peatones, lo cual se realiza, e incluso vegetación, sin embargo, la iluminación y sombras dependerán de la hora y posición del sol al momento de realizar el vuelo con UAV, debido a que las sombras pueden alterar e impedir una toma de lecturas sobre la vialidad, aun al realizarle técnicas de mejoramiento. Ahora bien, se pueden medir y cuantificar los deterioros solo con la ortomosaico, sin embargo, se decide la aplicación de técnicas de mejoras a los ortomosaicos, como lo mostrado en la Figura 68 y 84, con el objetivo de dar mayor calidad al ortomosaico, para una fotointerpretación más adecuada y mejor vista del deterioro.

La metodología final para el uso del UAV, se presenta en la Figura 85, para lo cual es necesario seleccionar equipo adecuado para la seriedad del levantamiento, así como para disminuir tiempos de procesamientos.

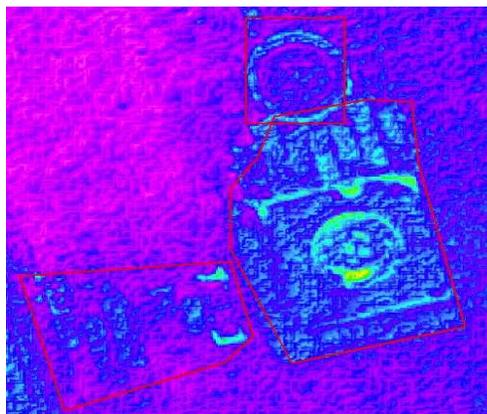


Figura 84. Fotointerpretación de deterioros.

Fuente: Elaboración propia.

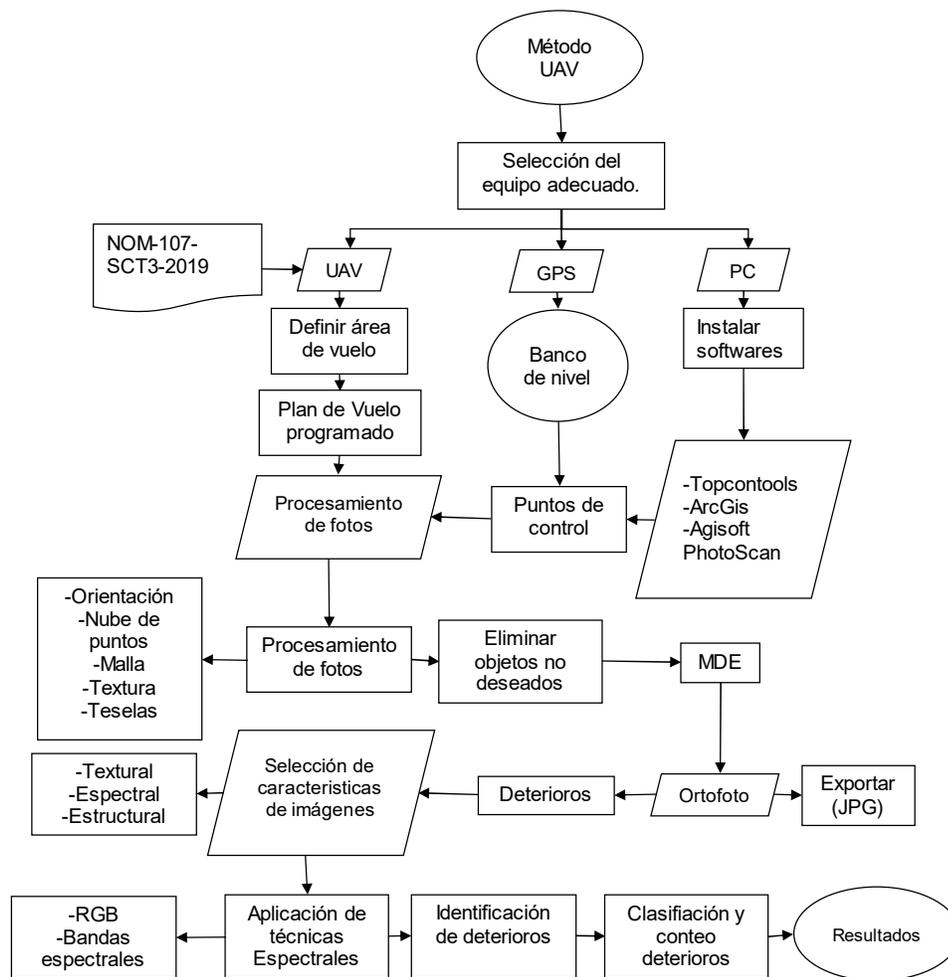


Figura 85. Metodología final UAV.

Fuente: Elaboración propia

Se recomienda para futuras investigaciones realizarse mediante el algoritmo del modelo YOLOv3, con el cual se automatiza el conteo mediante etiquetas y entrenamiento del modelo, la rapidez en el que se identifican los deterioros, innovando en la aplicación de esta técnica de procesamiento y el algoritmo buscando obtener mayor porcentaje de precisión que otras investigaciones. Así mismo el de considerar como línea de investigación el realizar submuestreos para el análisis de la información en vialidades.

6 REFERENCIAS

Autelitano, F., Garilli, E., & Giuliani, F. (2020). Criteria for the selection and design of joints for street pavements in natural stone. In *Construction and Building Materials* (Vol. 259). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119722>

Agüero, C., Eucaris, del C., de Jesús, A., Pacheco, M., José, G., Segovia, V. (2018). Medición de puntos GPS por el método estático con equipo diferencial. *Scielo*, (43), 137-153. obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-38142018000100137&lng=en&tlng=es.

Aguilar, M. A., Aguilar, F. J., & Agüera, F. (2005). Mapping small areas using a low-cost close range photogrammetric software package with aerial photography. *The Photogrammetric Record*, 20(112), 335–350. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2005.00331.x>

Albattah, M. MS., Ghayda, A. R. S., Samih, A. R. B., & Sadoun, B. (2021). Assessment of geomatics engineering techniques for landslides investigations for traffic safety. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 805–814. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.06.007>

Marble-Institute-of-America (2016). *Dimension Stone Design Manual*. Oberlin: Marble Institute of America.

Al-Juraiban, S A, & Jimenez, R. (1983). RUTTING PROPERTIES OF A DUNE-SAND PAVING MIXTURE. *Transportation Research Record*, 0361-1981(911), 11-20. Obtenido de <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1983/911/911-002.pdf>

Arias, P., Herráez, J., Lorenzo, H., & Ordóñez, C. (2005). Control of structural problems in cultural heritage monuments using close-range photogrammetry and computer methods. *Computers & Structures*, 83(21–22), 1754–1766. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2005.02.018>

ASTM D6433-18. (2018). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys1*. United States: ASTM International.

Barazzetti, L., Binda, L., Scaioni, M., & Taranto, P. (2011). Photogrammetric survey of complex geometries with low-cost software: Application to the 'G1' temple in Myson, Vietnam. *Journal of Cultural Heritage*, 12(3), 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2010.12.004>

Bedate, A., Herrero, L. C., & Sanza, J. Á. (2004). Economic valuation of the cultural heritage: application to four case studies in Spain. *Cultural Heritage*, 5(1), 101–111. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.culher.2003.04.002>

Beuving, E., & Michaut, J.-P. (2005). *Pavement surface materials used in urban areas*. Poland: PIARC - International seminar on Urban Pavements.

Burger, W., & Burge, M. (2009). Principles of Digital Image Processing- Fundamental Techniques (Vols. ISBN: 978-1-84800-190-9). Hagenberg. Austria: Textbook.

Bull, A. (2002). Un nuevo paradigma institucional para la conservación vial. COMISION ECONOMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). PROVIAL CHILE, TERMAS DE CHILLÁN. Obtenido de <http://www2.udec.cl/~provial/expo/Alberto%20Bull%20un%20nuevo%20paradigma.pdf>

Chang, C. (2020). Sistemas De Gestión De Pavimentos: Pasado, Presente, Y Futuro. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil., 20(107), 1-10. Obtenido de https://www.scipedia.com/wd/images/8/8e/Draft_Colucci_598928640-3880-document.pdf

Cedeño, A. (2009). Valoración de las condiciones de la estructura antigua. *Diseño y sociedad, Otoño 2008 Primavera 2009*(25-26), 72-81.

Cisneros, s., García, é., Montoya, k., & Sinde, í. (2019). Estudio de las configuraciones de puntos de control terrestre para fotogrametría con dron. Revista Geoespacial, 16(1), 43. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v16i1.1278>

Cruz Toribio, J. O., & Gutierrez Lazares, J. W. (2019). Evaluación Superficial de Vías Urbanas empleando Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT). Métodos y Materiales, 8, 23–32. <https://doi.org/10.15517/mym.v8i1.34113>

Transport and Environment Committee (2018), "Finalised Strategy for Setted Streets" , Edinburgh: Transport and Environment Committee from Edinburgh.

ASTM-D6433-18 (2018). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*1. United States: ASTM International.

Corredor Daza, J. G. (2015). Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – rio frio. Bogotá, Colombia: universidad militar nueva granada, URI <http://hdl.handle.net/10654/7596>

SCT. (2014). Guía De Procedimientos Y Técnicas Para Laconservación De Carreteras En México. México: Dirección General de Servicios Tecnicos.

Dadrasjavan, F., Zarrinpanjeh, N., & Ameri, A. (2019). Automatic Crack Detection of Road Pavement Based 2 on Aerial UAV Imagery 3 4. <https://doi.org/10.20944/preprints201907.0009.v1>

Flórez Mesa, M. (2021). *Evaluación del uso de sensores remotos en la identificación de patologías superficiales en el pavimento*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.

Ribeiro, A. M. G., Capitão, S. D., & Correia, R. G. (2019). Deciding on maintenance of small municipal roads based on GIS simplified procedures. *Case Studies on Transport Policy*, 7(2), 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.03.011>

García, Á. D. (2008). *Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System)*. Madrid, España.: Universidad Autónoma De Madrid Escuela Politécnica Superior.

Garilli, E., Autelitano, F., Roncella, R., & Giuliani, F. (2020). The influence of laying patterns on the behaviour of historic stone pavements subjected to horizontal loads. *Construction and Building Materials*, 258. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119657>

Garilli, E., Autelitano, F., & Giuliani, F. (2017). A study for the understanding of the Roman pavement design criteria. *Journal of Cultural Heritage*, 25, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.01.002>

Garnica, P., Flores, M., Delgado Alamilla, H., & Gómez López, J. A. (2005). *Caracterización Geomecánica De Mezclas Asfálticas (267 ed.)*. Safandilla, Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte.

Garnica, P., Sesma Martinez, J., & Gómez, J. (2002). *Mecánica De Materiales Para Pavimentos (197 ed.)*. Sanfandilla: Instituto Mexicano del Transporte.

Garrido, N. V. (2016). *Métodos de posicionamiento GNSS GPS*. Recuperado el noviembre de 2021, de <https://nagarvil.webs.upv.es/metodos-de-posicionamiento-gnss-gps/>

Gomez-Lahoz, J., & Gonzalez-Aguilera, D. (2009). Recovering traditions in the digital era: the use of blimps for modelling the archaeological cultural heritage. *Journal of Archaeological Science*, 36(1), 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.07.013>

Gonzalez , R., Woods , R., & Eddins, S. (2009). *Digital Image Processing Using MATLAB (2nd ed. ed.)*. Estados Unidos de América: Gatesmark Publishing.

Zafra, Y. G. (2021). *Manual Para El Postproceso De Imágenes Obtenidas A Partir De Una Aeronave Tripulada Remotamente (Drone) En Los Software Agisoft Photoscan Y Pix4d*. Invias – Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

Hendrickx, M., Gheyle, W., Bonne, J., Bourgeois, J., de Wulf, A., & Goossens, R. (2011). The use of stereoscopic images taken from a microdrone for the documentation of heritage – An example from the Tuekta burial mounds in the Russian Altay. *Journal of Archaeological Science*, 38(11), 2968–2978. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.06.013>

Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>

INEGI. (2010). Norma Técnica Para El Sistema Geodésico Nacional. México: Instituto Nacional De Estadística Y Geografía.

INEGI. (2014). *Sistemas de información geográfica*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2020, de <https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>

INEGI. (2015). *El Geoide Gravimétrico Mexicano 2010*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Obtenido de ww.inegi.org.mx

INEGI. (2019). *Marco de referencia ITRF en México y su relación con WGS84 y NAD27*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de ww.inegi.org.mx

INEGI. (2021). *Red geodésica Nacional Pasiva*. Obtenido de ww.inegi.org.mx

INEGI, I. N. (2021). *Red geodésica nacional activa*. Recuperado el noviembre de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/rgna/>

Inzerillo, L., di Mino, G., & Roberts, R. (2018). Image-based 3D reconstruction using traditional and UAV datasets for analysis of road pavement distress. *Automation in Construction*, 96, 457–469. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.010>

Darter, M., Khazanovich, L., Yu, T., & Mallela, J. (2005). Reliability Analysis of Cracking and Faulting Prediction in the New Mechanistic-Empirical Pavement Design Procedure. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1936, 150–160. <https://doi.org/10.3141/1936-18>

Koutsoudis, A., Vidmar, B., Ioannakis, G., Arnaoutoglou, F., Pavlidis, G., & Chamzas, C. (2014). Multi-image 3D reconstruction data evaluation. *Journal of Cultural Heritage*, 15(1), 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.12.003>

Kriz, V., & Gabrlik, P. (2015). UranusLink - Communication Protocol for UAV with Small Overhead and Encryption Ability. *IFAC-PapersOnLine*, 48(4), 474–479. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.07.080>

Kvamme, K. L., Ernenwein, E. G., & Markussen, C. J. (2006). Robotic total station for microtopographic mapping: an example from the Northern Great Plains. *Archaeological Prospection*, 13(2), 91–102. <https://doi.org/10.1002/arp.270>

Liu, J., Ullah Khan, T., Nie, Z., Yu, Q., & Feng, Z. (2021). Calibration and precise orientation determination of a gun barrel for agriculture and forestry work using a high-precision total station. *Measurement*, 173, 108494. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108494>

Macea-Mercado, L. F., Morales, L., & Márquez-Díaz, L. G. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 17(2), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.007>

Mancera, S. J. (2019). Aporte De La Geomática En El Mapeo De Servicios Ecosistémicos para la Regulación Hídrica, En La Microcuenca Del Río Murca, Colombia. Bogotá: Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales (Udca) Facultad De Ingeniería Programa De Ingeniería Geográfica Y Ambiental.

Martinez, A. (2016). IDENTIDADES Y PATRIMONIOS. Encrucijadas entre lo material y lo intangible. *Fontamara/Universidad de Guanajuato*, 2016(ARG344), 11-27.

Martínez, S., Ortiz, J., & Gil, M. (2015). Geometric documentation of historical pavements using automated digital photogrammetry and high-density reconstruction algorithms. *Journal of Archaeological Science*, 53, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.10.003>

McAndrew, A. (2016). *A computational introduction to digital image processing* (second edition ed.). Melbourne, Australia : CRC Press Taylor & Francis Group.

de Melo e Silva, F., van Dam, T. J., Bulleit, W. M., & Ylitalo, R. (2000). Proposed Pavement Performance Models for Local Government Agencies in Michigan. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1699(1), 81–86. <https://doi.org/10.3141/1699-11>

Morales, W. G. (2015). Texto Básico Autoformativo De Topografía General. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria.

Nasiruddin Khilji, T., Lopes Amaral Loures, L., & Rezazadeh Azar, E. (2021). Distress Recognition in Unpaved Roads Using Unmanned Aerial Systems and Deep Learning Segmentation. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 35(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000952](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000952)

Nickerson, S. (1994). *Comparison of Hand Measurement Techniques*. Recuperado el 28 de mayo de 2021, de <http://nickerson.icomos.org/steve/papers/mea-c.htm>

Natural-Stone-Institute. (2020). *Dimension Stone Design Manual version 7.2*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2020, de <https://www.stonesofnorthamerica.com/technical/dsdm.cfm>

Obregón-Biosca, Saúl. A., Betanzo-Quezada, E., Romero-Navarrete, J. A., & Ríos-Nuñez, M. (2018). Rating road traffic education. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 56, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.03.033>

Orenday Tapia, E. E., Tapia Tovar, E., & Pacheco Martínez, J. (2019). Intervenciones no destructivas para el diagnóstico de la salud estructural de dos templos de Aguascalientes, en México. *Intervención, Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, 10(19), 85–98. <https://doi.org/10.30763/Intervencion.2019.19.211>

Orenday Tapia, E. E., Pacheco-Martínez, J., Padilla-Ceniceros, R., & López-Doncel, R. A. (2018). In situ and nondestructive characterization of mechanical properties of heritage

stone masonry. *Environmental Earth Sciences*, 77(7). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7473-8>

Ortiz, J. E. (2014). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*. United States: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

Otero, I., Ezquerro, A., Rodríguez-Solano, R., Martín, L., & Bachiller, I. (2010). *Open Course Ware: Fotogrametría, Universidad Politécnica de Madrid, España*. Recuperado el 20 de Abril de 2022, de http://ocw.upm.es/pluginfile.php/1068/mod_label/intro/fotogrametria_cap_libro.pdf

Pazos, M. C. (1996). *Tratado de topografía* (tercera ed.). Madrid: Tomo1. Teoría de errores de instrumentación.

Wang, P., Hu, Y., Dai, Y., & Tian, M. (2017). Asphalt Pavement Pothole Detection and Segmentation Based on Wavelet Energy Field. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2017/1604130>

Peña, F. (2008). Estrategias para el modelado y el análisis de edificios históricos de mampostería”, en *Memorias del XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Veracruz, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. Veracruz: Seminario del área de biofísica y ciencia de materiales.

Perdomo, C., Caicedo, J., Parra, N. N., & Machado, D. (2015). Establecimiento de puntos de control terrestre para la corrección planialtimétrica de imágenes tomadas por drones. *Research Gate*. <https://doi.org/DOI:10.13140/RG.2.1.3415.4640>

Pérez, J. A. (2001). *Apuntes de Fotogrametría III*. Mérida: Universidad De Extremadura Centro Universitario De Mérida.

Poehler, E. E. (2017). *The traffic systems of Pompell*. Oxford university Press.

Prajwal, M., Jain, R., Srinivasa, V., & S, K. K. (2007). Optimal Number of Ground Control Points for a UAV based Corridor Mapping. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* (An ISO, 5(9), 28–32. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2016.0505505>

Quispe, O. C. (2020). Evaluación de confiabilidad del Drone Phantom 4 Pro V2.0 para calcular el índice de condición del pavimento flexible en Av. Miraflores del distrito de Comas, Lima - 2020 (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/25498>

Ramos-Romero, C., León-Ríos, P., Al-Hadithi, B. M., Sigcha, L., de Arcas, G., & Asensio, C. (2019). Identification and mapping of asphalt surface deterioration by tyre-pavement interaction noise measurement. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 146, 718–727. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.06.034>

Remondino, F., & El-Hakim, S. (2006). Image-Based 3d Modelling: A Review. *The Photogrammetric Record*, 21(115), 269–291.

Rivera Yela, J. P. (2017). EJE 05-02 Evaluación de Método de Corrección Geométrica de Fotografía Aérea escala 1:1.000 capturada por vehículos aéreos no tripulados estableciendo una red Geodésica de cuarto orden. *Memorias Y Boletines De La Universidad Del Azuay*, 1(XVI), 195–208. <https://doi.org/10.33324/memorias.v1iXVI.64>

Ryu, S.-K., Kim, T., & Kim, Y.-R. (2015). Feature-Based Pothole Detection in Two-Dimensional Images. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2528(1), 9–17. <https://doi.org/10.3141/2528-02>

Santos, C. D. (2014). *Escuela politecnica superior de edificacion de Barcelona*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/41806759.pdf>

Sanz, J. O., Docampo, M. de la L. G., Rodríguez, S. M., Sanmartín, M. T. R., & Cameselle, G. M. (2010). A simple methodology for recording petroglyphs using low-cost digital image correlation photogrammetry and consumer-grade digital cameras. *Journal of Archaeological Science*, 37(12), 3158–3169. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.07.017>

SEDESOL. (2011). *Guía metodológica para la formulación, seguimiento y evaluación de planes de manejo para las ciudades mexicanas Patrimonio de la Humanidad y los centros históricos y tradicionales del país*. México, D.F.: Secretaria de Desarrollo Social .

Solanki, P., & Zaman, M. (2017). Design of semi-rigid type of flexible pavements. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 10(2), 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2016.10.004>

Tapia Arenas, A., Guevara Bonilla, M., & Esquivel Segura, E. (2019). *Procesamiento de imágenes a partir de vehículos aéreos no tripulados utilizando software libre* (Primera ed.). Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica .

Tyagi, V. (2018). *Understanding Digital Image Processing*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315123905>

UNESCO. (2020). *LISTA DE PATRIMONIOS MUNDIALES*. Recuperado el 30 de NOVIEMBRE de 2020, de <https://whc.unesco.org/es/list/>

UNESCO. (2020). *Zona de monumentos históricos de Querétaro*. Recuperado el 20 de NOVIEMBRE de 2020, de <https://whc.unesco.org/es/list/792>

Vargas, C. A. (2019). Análisis comparativo de la inspección visual de un pavimento flexible, por los métodos tradicional y por sensores remotos en un kilómetro de la calle séptima en el municipio de Cajicá Cundinamarca. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/20509>.

Yilmaz, H. M., Yakar, M., & Yildiz, F. (2008). Documentation of historical caravansaries by digital close range photogrammetry. *Automation in Construction*, 17(4), 489–498. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.09.003>

Zoccali, P., Loprencipe, G., & Galoni, A. (2017). Sampietrini stone pavements: Distress analysis using pavement condition index method. *Applied Sciences (Switzerland)*, 7(7). <https://doi.org/10.3390/app7070669>

Zhang, K., Okazawa, H., Hayashi, K., Hayashi, T., Fiwa, L., & Maskey, S. (2022). Optimization of Ground Control Point Distribution for Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry for Inaccessible Fields. *Sustainability*, 14(15), 9505. <https://doi.org/10.3390/su14159505>

7 APÉNDICE

7.1 Permisos solicitados



Ciudad de Santiago, Querétaro a 27 de abril del 2021

M.D. Salvador Martínez Ortiz
Delegado del Centro Histórico de Querétaro

Asunto: Solicitud de permiso de identificación de deterioro con equipo de topografía y de vuelo con vehículo aéreo no tripulado en zona centro histórico.

Por medio de la presente me dirijo a usted como estudiante de la maestría en Vías Terrestres de la Universidad Autónoma de Querétaro campus cerro de las campanas con número de expediente 300621, para solicitar a la Delegación del centro histórico del municipio de Santiago de Querétaro la autorización de realizar identificación de deterioros de las vialidades con equipo de topografía (Estación total, nivel y cinta métrica) así como de vuelos de un vehículo aéreo no tripulado sobre las avenidas:

Vialidad principal	Vialidad secundaria	Vialidad colectora
Av. Ezequiel Montes	Calle: Madero	Calle Guerrero
Av. Corregidora	Calle: Juárez	Calle Hidalgo

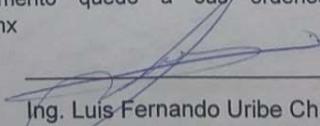
Lo anterior con el objetivo de crear una metodología rápida, precisa y no destructiva que permitirá identificar las vialidades que requieran trabajos de conservación y a su vez poder contribuir mediante la tesis que desarrollare denominada: "Mejora del tiempo y precisión en los deterioros de pavimentos semirrígidos usando vehículo aéreo no tripulado (UAV), Querétaro, México.", En los trabajos que realiza la delegación a su cargo en beneficio de todos; dichas evaluaciones las realizare de la siguiente manera:

Auscultación con equipo de topografía: del 01 al 30 agosto del 2021.

Auscultación con vehículo aéreo no tripulado: del 01 al 30 septiembre del 2021.

Nota: Las vialidades anteriores, así como las fechas son propuestas y en espera de que usted las autorice o modifique, por lo cual solicito una reunión para dudas, observaciones, aclaraciones y queda abierto ante usted o el área correspondiente la adecuación de mejoras para realizar un equipo bilateral y mejorar el trabajo.

Sin más por el momento quedo a sus órdenes al número 9831673564 o luribe09@alumnos.uaq.mx


Ing. Luis Fernando Uribe Chagala
Maestrante en Vías Terrestres y Movilidad

C.c.p. Archivo
C.c.p. UAQ

004737





Coordinación de Delegaciones e Institutos Desconcentrados
Delegación Centro Histórico
Departamento de Atención Ciudadana
OFICIO CH/460/2021
Asunto: Respuesta
Folio: 700000/2021/4737
Querétaro, Qro., 28 de Abril de 2021

Ing. Luis Fernando Uribe Chagala
Maestrante en Vías Terrestres y Movilidad
PRESENTE

Sea este medio el propicio para enviarle un cordial saludo y, aprovecho la oportunidad para informarle sobre su oficio **S/N**, con folio **4737**, recibido el día 27 de abril del 2021 según consta en acuse de recibo, donde solicita autorización de realizar identificación de deterioros de las vialidades con equipo de topografía (Estación total, nivel y cinta métrica), así como vuelos de un vehículo aéreo no tripulado, sobre las siguientes avenidas:

Vialidad Principal	Vialidad secundaria	Vialidad colectora
Av. Ezequiel Montes	Calle: Madero	Calle Guerrero
Av. Corregidora	Calle: Juárez	Calle Hidalgo

Se informa que en lo referente a la **Auscultación con equipo de topografía a realizarse del 01 al 30 de agosto de 2021**, no hay inconveniente en la realización de esta actividad por parte de la **Delegación Centro Histórico**.

Así mismo lo concerniente a la **Auscultación con vehículo aéreo no tripulado a realizarse del 01 al 30 de septiembre de 2021**, se turna a la **Dirección de Protección Civil** y a la **Secretaría de Seguridad Pública** para su valoración.

Se anexan copias de ambos escritos.

Lo anterior con fundamento en los Artículos 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 35 de la Constitución Política del Estado de Querétaro; 52, 54 y 57 de la Ley Orgánica Municipal del Estado de Querétaro; 149 fracción I, 183 y 187 del Código Municipal de Querétaro.

Sin otro particular por el momento, hago propia la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

M. en D. Salvador Martínez Ortiz

Delegado Municipal del Centro Histórico

c.c.p. Archivo
RV/SPEV

DELEGACIÓN CENTRO HISTÓRICO

Madero No. 81
Col. Centro Histórico C.P. 76000
Tel: 442 212 5500



QUERÉTARO
— MUNICIPIO —

Coordinación de Delegaciones e Institutos Desconcentrados
Delegación Centro Histórico
Departamento de Atención Ciudadana
OFICIO CH/555/2021
Asunto: Se turna oficio de respuesta
Folio: 700000/2021/4787
Querétaro, Qro., 28 de Abril de 2021

Ing. Luis Fernando Uribe Chagala
Maestrante en Vías Terrestres y Movilidad
PRESENTE

Sea este medio el propicio para enviarle un cordial saludo y, aprovecho la oportunidad para turnarle respuesta del oficio **SSPMQ/DGM/10582/2021** de fecha 13 de mayo de 2021 signado por el **oficial Luis Fernando Guerrero Ojeda**, Director de Guardia Municipal de la Secretaría de Seguridad Pública del Municipio de Querétaro, donde informa que respecto a la **autorización de realizar identificación de deterioros de las vialidades con equipo de topografía (Estación total, nivel y cinta métrica) del 01 al 30 de agosto de 2021, así como, de vuelos de un vehículo aéreo no tripulado del 01 al 30 de septiembre de 2021** sobre las avenidas descritas en su oficio petitorio, por lo cual señalan que **deberá contar con la autorización de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes**, no contravenir lo dispuesto en materia penal en los supuestos de delitos contra la inviolabilidad del secreto y el acceso ilícito a sistemas de informática, entre otras especificaciones mencionadas en el oficio referido. **Se adjunta copia del escrito.**

Lo anterior con fundamento en los Artículos 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 35 de la Constitución Política del Estado de Querétaro; 52, 54 y 57 de la Ley Orgánica Municipal del Estado de Querétaro; 149 fracción I, 183 y 187 del Código Municipal de Querétaro.

Sin otro particular por el momento, hago propia la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

M. en D. Salvador Martínez Ortiz
Delegado Municipal del Centro Histórico

c.c.p. Archivo
ORV/SPEV

Señor

DELEGACIÓN CENTRO HISTÓRICO

Madero No. 81
Col. Centro Histórico C.P. 76000
Tel: 442 212 5500



Ciudad de Santiago, Querétaro a 12 de noviembre del 2021

Lic. Jorge Humberto Echanove Carrillo

Director de inspección en comercio y espectáculos

Área de atención y comercio y vía pública

Asunto: Solicitud de permiso de identificación de deterioro con equipo de topografía y de vuelo con vehículo aéreo no tripulado en zona centro histórico.

Por medio de la presente me dirijo a usted como estudiante de la maestría en Vías Terrestres de la Universidad Autónoma de Querétaro campus cerro de las campanas con número de expediente: 300621, para solicitar a la dirección a su cargo del municipio de Santiago de Querétaro, la autorización de realizar identificación de deterioros de las vialidades, con equipo de topografía (Estación total, GPS y cinta métrica) así como de vuelos con vehículo aéreo no tripulado.

Lo anterior con el objetivo de crear una metodología rápida, precisa y no destructiva que permitirá identificar las vialidades que requieran trabajos de conservación y a su vez poder contribuir mediante la tesis que desarrollare denominada: "Mejora del tiempo y precisión en los deterioros de pavimentos semirrígidos usando vehículo aéreo no tripulado (UAV), Querétaro, México.", en beneficio de todos; para poder realizar dichas evaluaciones, se ocuparan brevemente los siguientes espacios públicos:

- a) Plaza Mariano Casas
- b) Jardín Zenea
- c) Jardín Guerrero.
- d) Plaza constitución
- e) Algunas banquetas del centro histórico

Nota: En dichos espacios públicos se colocarán puntos de GPS, estación total y despegue de dron, los tiempos son de aproximadamente 1 hora y 30 minutos, por lo que es mínimo el espacio de tiempo y el área (aprox. 3x3m), que se utiliza en cada punto, no interfiriendo actividades, ni cruce de transeúntes.

Nota 2: Se cuenta con autorización previa del centro histórico, sin embargo, las fechas se han retrasado por varias situaciones en la investigación. (se adjunta copia)

Sin más por el momento quedo a sus órdenes al número 9831673564 o luribe09@alumnos.uaq.mx

Ing. Luis Fernando Uribe Chagala

Maestrante en Vías Terrestres y Movilidad

C.c.p. Archivo
C.c.p. UAQ



Ciudad de Santiago Querétaro a 18 de Noviembre

Asunto: Solicitud de permiso de identificación de deterioro con equipo de topografía y de vuelo con vehículo aéreo no tripulado en zona de centro histórico.

Lic. Jorge Humberto Echavarré Carrillo
Director de Inspección en Comercio y Espectáculos
Presente.

Con respecto a mi oficio dirigido a su persona de fecha 12 de noviembre del 2021, me permito integrar los siguientes datos anexos para extender la información de la investigación que realizaré.

Las vialidades que evaluaré serán las siguientes:

Principal	Cruceamientos
Av. Ezequiel Montes	de Av. Universidad a Av. Zaragoza
Av. Correidora	" "
Calle Fco Madero	" "
Calle Benito Juárez	" "
Calle Vicente Guerrero	" "
Calle Miguel Hidalgo	" "



La auscultación con equipo de topografía se realizó sobre los vialidades antes mencionadas, con fechas propuestas del 22 de noviembre al 31 de diciembre, el equipo de topografía es: Estación total y prisma, no se interfirió con el tráfico vehicular ni los demás usuarios.

La auscultación con vehículo aéreo no tripulado, en un domingo del mes de diciembre, esto porque tal día es cuando menos vehículos hacen frenar sobre las vialidades y depende del estado del clima para programar el vuelo, para lo cual usaré la aplicación UAV Forecast, que me indicará el estado del clima y las horas óptimas de vuelo.

mismos que son de 10 am a 4 pm, debido a que se necesita luz solar adecuada.

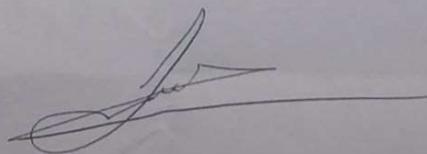
Para el vuelo de día se requerirá un espacio de despegue y aterrizaje de aproximadamente 3x3 m, a realizarse en el Jardín Guerrero con un tiempo de 2h.

Previo a los vuelos de dron se requiere la ubicación de puntos de control terrestre con GPS, mismos que se realizarán sobre:

- a) Plaza moruno Casas
- b) Jardín Zenea
- c) Jardín Guerrero
- d) Plaza Constitución

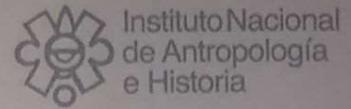
Con espacio de uso aproximado de 1x1 m y un tiempo de 1 hora con 30 minutos, todo esto sin interferir actividades y/o de los usuarios del espacio público.

Los periodos de evaluación son rápidos, con espacios de ocupación mínimos, en donde se buscará no afectar a los demás usuarios de los espacios públicos



Atentamente

Ing. Luis Fernando Uribe Chagala
Alumno de la Maestría en Vías Terrestres
Universidad Autónoma de Querétaro



Ciudad de Santiago, Querétaro a 22 de abril del 2021

Dra. Rosa Estela Reyes García

Directora del Centro INAH Querétaro

Asunto: Solicitud de permiso de identificación de deterioro con equipo de topografía y de vuelo con vehículo aéreo no tripulado en zona centro histórico.

Por medio de la presente me dirijo a usted como estudiante de la maestría en Vías Terrestres de la Universidad Autónoma de Querétaro campus cerro de las campanas con número de expediente: 300621, para solicitar al Instituto Nacional de Antropología e Historia del municipio de Santiago de Querétaro, la autorización de realizar identificación de deterioros de las vialidades, con equipo de topografía (Estación total, nivel y cinta métrica) así como de vuelos con vehículo aéreo no tripulado sobre las avenidas propuestas:

Vialidad principal	Vialidad secundaria	Vialidad colectora
Av. Ezequiel Montes	Calle: Madero	Calle Guerrero
Av. Corregidora	Calle: Morelos	Calle Hidalgo

Lo anterior con el objetivo de crear una metodología rápida, precisa y no destructiva que permitirá identificar las vialidades que requieran trabajos de conservación y a su vez poder contribuir mediante la tesis que desarrollare denominada: "Mejora del tiempo y precisión en los deterioros de pavimentos semirrígidos usando vehículo aéreo no tripulado (UAV), Querétaro, México.", En los trabajos que realiza la dirección a su cargo en beneficio de todos; dichas evaluaciones las realizare de la siguiente manera:

Auscultación con equipo de topografía: del 01 al 30 agosto del 2021.

Auscultación con vehículo aéreo no tripulado: del 01 al 30 septiembre del 2021.

Nota: Las vialidades anteriores, así como las fechas son propuestas y en espera de que usted las autorice o modifique, por lo cual solicito una reunión para dudas, observaciones, aclaraciones y queda abierto ante usted o el área correspondiente la adecuación de mejoras para realizar un equipo bilateral y mejorar el trabajo.

Sin más por el momento quedo a sus órdenes al número 9831673564 o luribe09@alumnos.uaq.mx

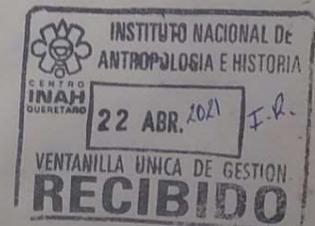
Ing. Luis Fernando Uribe Chagala

Maestrante en Vías Terrestres y Movilidad

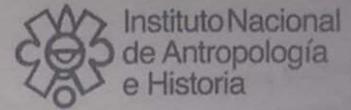
C.c.p. Archivo
C.c.p. UAQ

6 mayo - 2021

000364



EXP. 091/21



Ciudad de Santiago, Querétaro a 11 de noviembre del 2021

Dra. Rosa Estela Reyes García

Directora del Centro INAH Querétaro

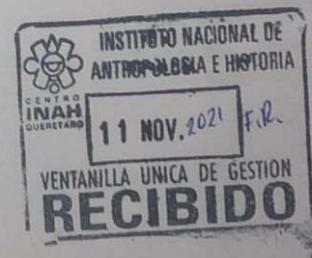
Asunto: Seguimiento a "Solicitud de permiso de identificación de deterioro con equipo de topografía y de vuelo con vehículo aéreo no tripulado en zona centro histórico."

Por medio de la presente me dirijo a usted como estudiante de la maestría en Vías Terrestres de la Universidad Autónoma de Querétaro campus cerro de las campanas con número de expediente: 300621, para solicitar al Instituto Nacional de Antropología e Historia del municipio de Santiago de Querétaro, el seguimiento de oficio s/n entregado al INAH con número de expediente 091/21 para la autorización de poder realizar la identificación de deterioros de las vialidades, con equipo de topografía (Estación total, nivel y cinta métrica) así como de vuelos con vehículo aéreo no tripulado. Esto con el fin de continuar mi investigación.

Sin más por el momento le envío un cordial saludo y quedo a sus órdenes al número 9831673564 o luribe09@alumnos.uaq.mx

Ing. Luis Fernando Uribe Chagala

Maestrante en Vías Terrestres y Movilidad



001174

EXP 091/21

29. noviembre. 2021

442 378 28 41

C.c.p. Archivo
C.c.p. UAQ



Oficio No. 401.35.17-2021/508
DICTAMEN-CIQ-MH de fecha 27 de mayo del 2021
CONTROL 000364
EXP. 091/21

Santiago de Querétaro, Qro., a 12 de noviembre del 2021

ING. LUIS FERNANDO URIBE CHAGOLA
MAESTRANTE EN VÍAS TERRESTRES Y MOVILIDAD
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
P R E S E N T E

En atención a su escrito de fecha 22 de abril del presente año, mediante el cual solicita se autorice realizar identificación de deterioros de las vialidades con equipo de topografía (estación total, nivel y cinta métrica) así como vuelos con vehículo aéreo no tripulado. Con el fin de desarrollar la tesis denominada, "Mejora del tiempo y precisión en los deterioros de los pavimentos semirrígidos usando vehículo aéreo no tripulado (UAV), Querétaro, México", con el objetivo de crear una metodología rápida, precisa y no destructiva que permita identificar las vialidades que requieran trabajos de conservación, dicha identificación se llevará a cabo sobre las siguientes avenidas:

Vialidad principal	Vialidad secundaria	Vialidad colectora
Av. Ezequiel Montes	Calle: Madero	Calle Guerrero
Av. Corregidora	Calle Morelos	Calle Hidalgo

Al respecto le comento lo siguiente:

Las calles donde se pretende realizar el estudio se ubican dentro del área del Perímetro "A" de la Zona de Monumentos Históricos de la ciudad de Querétaro de Arteaga, decreto de declaratoria federal del 30 de marzo de 1981, la cual fue incluida en la Lista del Patrimonio Mundial el 7 de diciembre de 1996, por la convivencia de dos culturas, y el 1 de agosto del 2010 por el Camino Real de Tierra Adentro; por lo que compete al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) autorizar previamente a la realización de obras, las que se pretendan llevar a cabo dentro del área de la Zona de Monumentos Históricos, conforme a lo dispuesto por los artículos





CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA



CENTRO INAH QUERÉTARO
Sección de Monumentos Históricos

3, 38, 41, 42, 43 y 44 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas del 6 de mayo de 1972.

Una vez analizada la presente solicitud, se desprende de ésta que en las acciones a realizar, no se proyecta la ejecución de obra alguna en la zona de monumentos, motivo por el cual, esta institución **no tendría inconveniente en la realización de dichos estudios**, no obstante a ello, es recomendable que el solicitante realice los trámites necesarios ante la Secretaría de Movilidad del municipio de Querétaro, La Dirección de Guardia Municipal y la Unidad Municipal de Protección Civil del municipio de Querétaro.

Se expide la presente, sin perjuicio de las autorizaciones que otorguen las autoridades estatales y municipales competentes.

Lo anterior con fundamento en lo dispuesto por los artículos 1º, 4º, 8º, 14 y 16 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; el Decreto de Promulgación del Convenio para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de fecha 13 de marzo de 1984, publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 02 de mayo de 1984; la inscripción de la Zona de Monumentos Históricos de la Ciudad de Querétaro de Arteaga en la lista de Patrimonio Mundial, del 07 de diciembre de 1996, confirma el valor excepcional y universal de la Zona de Monumentos Históricos de Querétaro, que debe ser protegida para beneficio de la humanidad; señalando en el punto 2, inciso b), punto 1 inciso c) del documento de la inclusión en la lista del patrimonio mundial, donde se indica que el INAH es responsable de la conservación de los monumentos y zonas de monumentos y de la administración, en concurrencia con los gobiernos estatal y municipal, cada uno en el ámbito de sus competencias; asimismo, en las disposiciones legales 1º, 2º fracción I, y IX; 5º, fracción II, 7º, fracción I y VI de la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia; 1º, 2º, 3º fracción IV, 5º, 6º, 12, 19, 20, 35, 36, 38, 41, 42, 43 y 44 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas y 9º párrafo segundo, 15, 16, 42, 43 y 46 de su Reglamento, así como el Manual General de Organización del Instituto Nacional de Antropología e Historia, autorizado el 18 de diciembre de 2017 y Aviso General publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 19 de octubre de 2018, mediante el cual se informa de la publicación en la página de la Normateca Interna del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Atentamente



CEN Museógrafa Rosa María Estela Reyes García
INAH Directora
QUERÉTARO

OF 508 /RMERG/YCR/gb

Andrés Balmavera N° 2 Centro Histórico Querétaro, Qro. 76000
Tel. (442) 212 0172, 212 2036 Ext. 308001 www.inah.gob.mx



Subsecretaría de Transporte
Agencia Federal de Aviación Civil
 Dirección Ejecutiva de Transporte y
 Control Aeroespacial
 Dirección del Registro Aeroespacial Mexicano

4.1.5.0.5.- 288 / 2021

Asunto: Follo de Registro de RPAS.

Ciudad de México a **16 MAR 2021**

DIRECCIÓN DE OPERACIONES, S.A. DE C.V.
 Presente:

Hago referencia a su comunicado electrónico, por medio del cual solicitó un folio de registro para el RPAS (sistema de aeronave pilotada a distancia) que se señala a continuación:

MARCA	MODELO	SERIE	PESO MÁXIMO DE DESPEGUE	CATEGORÍA	USO
DB	PHANTOM 4 ADVANCED	DMACEPDC20272	1,368 KGES.	MIRO	PRIVADO NO COMERCIAL

Sobre el particular, y con fundamento en lo dispuesto por los artículos 2, 4, 6 y 47 fracción VI de la Ley de Aviación Civil; 5 fracción IX de la Ley de Vías Generales de Comunicación; 1, 2, 4, 8, 10, 14 y demás aplicables del Reglamento del Registro Aeroespacial Mexicano; 23 fracción IX del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; y párrafo 71 del Anexo 7 al Convenio de Aviación Internacional; Transitorio Cuarto del Decreto por el que se crea el Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, denominado Agencia Federal de Aviación Civil; le informo que después de revisar su solicitud y los documentos que anexó a la misma, se considera procedente emitir el siguiente folio de registro de RPAS:

FOLIO DE REGISTRO

MX-M-2-2103-016

Al momento en el que la Subsecretaría Aeroespacial brinde respuesta, el solicitante asume la responsabilidad que pudiera resultar del mal uso del FOLIO DE REGISTRO otorgado por la Dirección del Registro Aeroespacial Mexicano, dependiente de la Agencia Federal de Aviación Civil, en todo momento para efectos declarativos y de manera complementaria a las autorizaciones, permisos, licencias, de otras Dependencias del Ejecutivo Federal con base en ordenamientos aplicables, y a la información presentada a través de medios electrónicos y al expediente "IC".

Encargado del Registro Aeroespacial Mexicano

Lic. Víctor Osmaña Flores

Firma electrónica del Encargado del Registro Aeroespacial Mexicano, dependiente de la Agencia Federal de Aviación Civil, dependiente de la Subsecretaría de Transporte, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, dependiente del Poder Judicial de la Federación, en el domicilio: Calle Felipe J. Torres #1111 y Calle 12 de Octubre #1111, Ciudad de México, CDMX, 06702, México, D.F., dependiente de la Subsecretaría de Transporte.

NOPIAMHMPCE
 15

Boletín de Aviación Civil - Boletín de Aeronaves - 0000 / Ciudad de México, C.F. 00000. Avenida México #1000, CDMX.
 5 555 0133 5301 / www.gob.mx/afac





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



Quéretaro, Qro. a 19 de octubre del 2021

Dr. Manuel Toledano Ayala
Jefe de Posgrados de la
Universidad Autónoma de Querétaro
Presente

Por medio de este conducto me permito solicitar, el acceso a las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro a partir del sábado 23 de octubre del 2021 hasta el término del presente año, con el motivo de realizar actividades de la maestría en vías terrestres y movilidad para la investigación que estoy realizando de nombre: "Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México"

Sin más le envío un cordial saludo y agradeciendo la atención recibida.


Ing. Luis Fernando Unibe Chagala
Estudiante de maestría
Exp. 300621

Cop. Dr. Juan Carlos Antonio Jáuregui Correa, Jefe de Investigación de Posgrado.
Cop. Dr. Ricardo Montoya Zamora, Coordinador de la maestría en vías terrestres y movilidad.
Cop. Dr. Omar Chávez Alegría, Asesor de Investigación del estudiante.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
SECRETARÍA ADMINISTRATIVA



Querétaro, Qro., 25 de octubre de 2021
SA-CUSS-599-2021

Facultad de Ingeniería
Secretaría Administrativa
C.P. Carmen Molinero González
Presente

En respuesta a la solicitud hecha mediante consecutivo SADIM322/1021, le informo que el comité ha autorizado la solicitud como sigue:

Fecha: Desde el 23 de octubre hasta el término del ciclo escolar 2021-2

Horario: No se indica

Lugar: Instalaciones de la UAQ

Evento: Actividades de la "Maestría en vías terrestres y movilidad"

Número de asistentes: No se detalla

Recomendaciones:

* Seguir los lineamientos en materia de seguridad sanitaria de la Universidad Autónoma de Querétaro y de la Facultad de Ingeniería

Observaciones:

* En caso de no cumplir con las disposiciones, el evento deberá ser cancelado.

Sin otro particular, quedo de Usted.

Atentamente

"Educa en la Verdad y en el Honor"

Dra. C.S. Juana Elizabeth Elfon Puente
Secretaria del Comité Universitario de Seguridad Sanitaria

Ccp.: Mtro. Luis S. Cárdenas Méndez, Director de Seguridad Sanitaria
Ing. Rafael Pardo Trejo, Coordinador de Protección Civil Universitaria
Consecutivo

7.2 Anexo Tabla 33 de descripción deterioros.

Tabla 36. Descripción de deterioros- Inspección visual

Tipo de deterioro (TD)	Descripción	NS	Descripción
Piel de cocodrilo- Fatiga (PCF)	<p>El agrietamiento por fatiga o cocodrilo es una serie de grietas interconectadas causadas por fallas por fatiga de la superficie de concreto asfáltico bajo cargas de tráfico repetidas. El agrietamiento comienza en la parte inferior de la superficie de asfalto, o base estabilizada, donde la tensión de tracción y la deformación son más altas bajo la carga de una rueda. Las grietas se propagan a la superficie inicialmente como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de una carga de tráfico repetida, las grietas se conectan, formando piezas de múltiples lados y ángulos afilados que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o la piel de un cocodrilo. Las piezas son generalmente de menos de 0,5 m (1,5 pies) en el lado más largo. El</p>	<p>L</p> <p>M</p> <p>H</p>	<p>finas grietas longitudinales finas que corren paralelas entre sí sin o con pocas grietas interconectadas. Las grietas no están astilladas</p> <p>Desarrollo adicional de grietas ligeras de cocodrilo en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente astilladas.</p> <p>El agrietamiento de la red o patrón ha progresado de manera que las piezas están bien definidas y astilladas en los bordes. Algunas de las piezas pueden balancearse bajo el tráfico</p>

	<p>agrietamiento del cocodrilo ocurre solo en áreas sujetas a cargas de tráfico repetidas, como los caminos de las ruedas. El agrietamiento de tipo patrón que ocurre en un área completa que no está sujeta a carga se denomina "agrietamiento en bloque", que no es una falla asociada a la carga.</p>	
<p>Agrietamiento de los bloques de concreto debajo del adoquín (ABA)</p>	<p>las grietas de bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño desde aproximadamente 0,3 por 0,3 m (1 por 1 pie) hasta 3 por 3 m (10 por 10 pies). El agrietamiento del bloque es causado principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos diarios de temperatura, lo que resulta en ciclos diarios de tensión / deformación. No está asociado a la carga. El agrietamiento del bloque generalmente indica que el asfalto se ha endurecido significativamente. El agrietamiento del bloque ocurre normalmente en una gran parte del área del pavimento, pero a veces ocurre solo en áreas sin tráfico. Este tipo de angustia se diferencia del</p>	<p>L los bloques se definen por grietas de baja gravedad</p> <p>M Los bloques se definen por grietas de gravedad media</p> <p>H Los bloques se definen por grietas de alta severidad</p>

agrietamiento del cocodrilo en que las grietas del cocodrilo forman piezas más pequeñas de muchos lados con ángulos agudos. Además, a diferencia de las grietas de bloques, las grietas de cocodrilo son causadas por cargas de tráfico repetidas y, por lo tanto, solo se encuentran en áreas de tráfico, es decir, en los caminos de las ruedas.

Depresiones en el pavimento (DP)	Las depresiones son áreas de superficie de pavimento localizadas con elevaciones ligeramente más bajas que las del pavimento circundante. En muchos casos, las depresiones leves no se notan hasta después de una lluvia, cuando el agua encharcada crea un área de "pileta para pájaros"; en pavimento seco, las depresiones se pueden detectar buscando manchas causadas por el agua estancada. Las depresiones se crean por asentamiento del suelo de cimentación o son el resultado de una construcción inadecuada. Las depresiones causan cierta aspereza y, cuando son lo suficientemente profundas o están	L	Profundidad máxima de depresión de 13 a 25 mm (1/2 to 1 in.)
		M	Profundidad máxima de depresión de 25 a 50 mm (1 a 2 pulg.)
		H	Profundidad máxima de depresión más de 50 mm (2 pulg.)

	llenas de agua, pueden causar hidroplaneo.	
Grietas transversales y longitudinales (GTL)	Las grietas longitudinales son paralelas a la línea central del pavimento o la dirección de colocación. Pueden ser causadas por: (1) Una junta de carril de pavimentación mal construida. (2) Contracción de la superficie de rodadura debido a bajas temperaturas o endurecimiento de la capa, o ciclos diarios de temperatura, o ambos. (3) Una grieta reflectante causada por grietas debajo de la capa superficial, incluidas las grietas en losas de PCC, pero no las juntas de PCC.	L El ancho de la grieta sin relleno es menor de 10 mm (3/8 pulg.) (medición en ml)
		M El ancho de la fisura sin relleno es mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm (3/8 a 3 pulg.); la fisura sin relleno es menor o igual a 75 mm (3 pulg.) rodeada de fisuras ligeras y aleatorias; o, la grieta rellena es de cualquier ancho rodeada por una ligera grieta aleatoria. (medición en ml)
	Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en aproximadamente ángulos rectos con la línea central del pavimento o la dirección de colocación. Estos tipos de grietas no suelen estar asociados a cargas.	H cualquier grieta llena o no llena rodeada de grietas aleatorias de gravedad media o alta; grieta sin relleno mayor de 75 m (3 pulg.); o, una grieta de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm (4 pulg.) de pavimento alrededor de la grieta está

Baches en depresiones en forma de cuenco en la superficie del pavimento.

(BP)

Generalmente tienen bordes afilados y lados verticales cerca de la parte superior del agujero. Cuando los agujeros son creados por grietas de cocodrilo de alta severidad, deben identificarse como baches, no como erosión.

M

50 mm y diámetro de 100 a 200 mm.

Si el bache tiene más de 750 mm (30 pulg.) De diámetro, el área debe determinarse en metros cuadrados y dividirse por 0,5 m² (5,5 pies²) para encontrar el número equivalente de huecos. Si la profundidad es de 25 mm (1 pulg.) O menos, los orificios se consideran de gravedad media.

H

Si la profundidad es superior a 25 mm (1 pulg.), Se consideran de gravedad alta

TABLE X1.1 Levels of Severity for Potholes

Maximum Depth of Pothole	Average Diameter (mm) (in.)		
	100 to 200 mm (4 to 8 in.)	200 to 450 mm (8 to 18 in.)	450 to 750 mm (18 to 30 in.)
13 to ≤25 mm (½ to 1 in.)	L	L	M
>25 and ≤50 mm (1 to 2 in.)	L	M	H
>50 mm (2 in.)	M	M	H

Rodera (RD)

Una rodera es una depresión en la superficie de las trayectorias de las ruedas. El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados de la rodera, pero, en muchos casos, las roderas se notan solo después de una lluvia cuando los caminos están llenos de agua. Las roderas provienen de una deformación permanente en cualquiera

L

Profundidad media de la rodera de 6 a 13 mm (1/4 a 1/2 pulg.)

M

Profundidad media de la rodera de 13 a 25 mm (> 1/2 a 1 pulg.)

H

Profundidad media de la rodera > 25 mm (> 1 pulg.)

	de las capas o subrasantes del pavimento, generalmente causado por el movimiento consolidado o lateral de los materiales debido a la carga del tráfico.		
Piedra pulida en la superficie (PPS)	Esta angustia es causada por aplicaciones de tráfico repetidas. La piedra pulida está presente cuando un examen detenido de un pavimento revela que la porción de agregado que se extiende por encima de la matriz del pavimento es muy pequeña o no hay partículas de agregado rugosas o angulares que proporcionen una buena resistencia al deslizamiento.	L M H	De 0 a 50 piezas de adoquín están pulidas en 100 metros cuadrados. De 51 a 200 piezas de adoquín están pulidas en 100 metros cuadrados. De >200 piezas de adoquín están pulidas en 100 metros cuadrados.
Juntas entre de adoquín (JPA)	Debido a una mala calidad del sello de juntas, pérdida de capacidad por temperatura, agentes externos y/o perdida de serviciabilidad, las juntas entre adoquín presentan fracturas que ocasionan que este mismo no tenga la adherencia suficiente generando desprendimientos, así como infiltraciones a las capas inferiores del pavimento y sedimentos de suelo y/o basura entre los espacios vacíos.	L M H	De 0 a 100 piezas de junta sello del adoquín están fracturadas en 100 metros cuadrados. De 101 a 400 piezas de junta sello del adoquín están fracturadas en 100 metros cuadrados. De >400 piezas de junta sello del adoquín están

			fracturadas en 100 metros cuadrados.
Adoquín fracturado (AF)	Relacionado con el deterioro anterior debido a falta de sello de juntas en el pavimento se generan desprendimientos por acciones de carga de tránsito del paso de los vehículos, ocasionando fractura en el adoquín, así como otras deformaciones futuras como baches, fracturas, etc.	L	De 0 a 50 piezas de adoquín están fracturadas en 100 metros cuadrados
		M	De 51 a 300 piezas de adoquín están fracturadas en 100 metros cuadrados
		H	De > 300 piezas de adoquín están fracturadas en 100 metros cuadrados

7.3 Curvas de valores deductivos para pavimento

Tabla 37. Valores de curvas deductivas para evaluación pavimentos.

PIEL DE COCODRILO-FATIGA (PCF) AGRIETAMIENTO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO DEBAJO DEL ADOQUÍN (ABA)

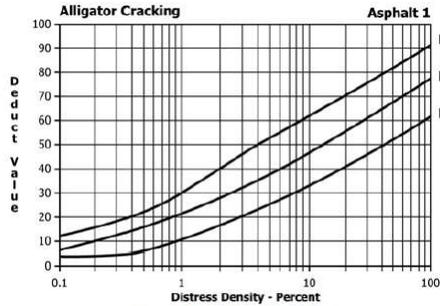


FIG. X3.1 Alligator Cracking

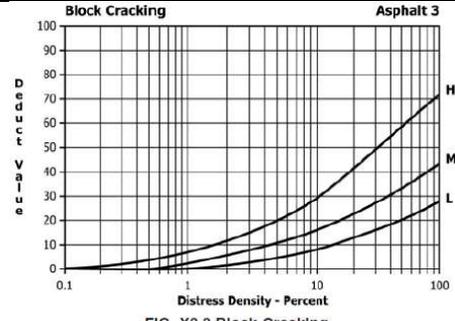


FIG. X3.3 Block Cracking

DEPRESIONES EN EL PAVIMENTO GRIETAS TRANSVERSALES Y (DP) LONGITUDINALES (GTL)

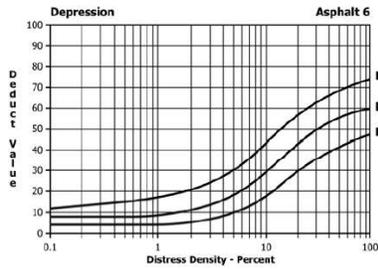


FIG. X3.7 Depression

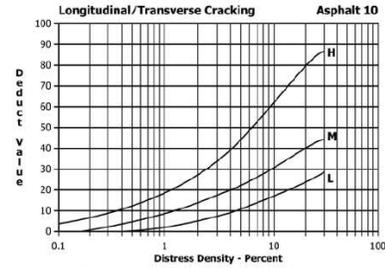


FIG. X3.14 Longitudinal/Transverse Cracking

PARCHES EN EL PAVIMENTO (PP)

BACHES EN EL PAVIMENTO (BP)

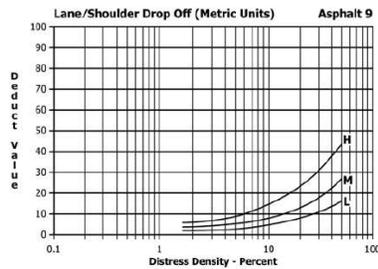


FIG. X3.13 Lane/Shoulder Drop-Off (Metric Units)

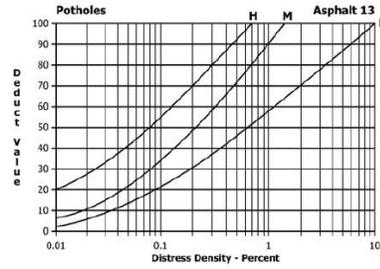


FIG. X3.18 Potholes

RODERAS (RD)

PIEDRA PULIDA EN LA SUPERFICIE
(PPS)

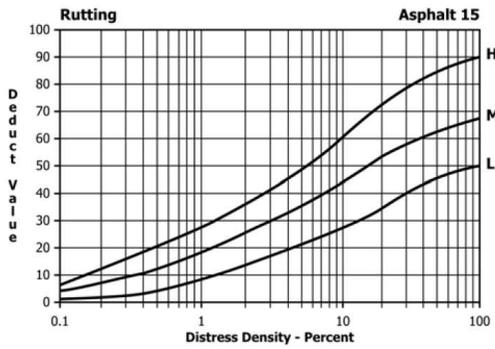


FIG. X3.21 Rutting

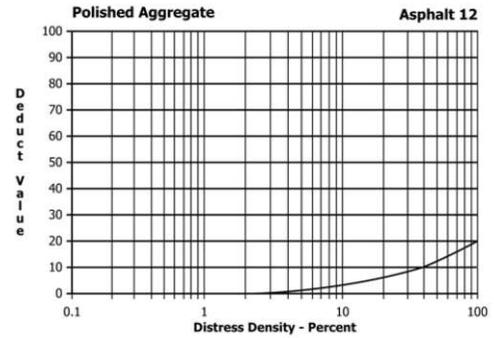


FIG. X3.17 Polished Aggregate

JUNTAS ENTRE PAVIMENTO DE ADOQUÍN FRACTURADO (AF)
ADOQUÍN (JPA)

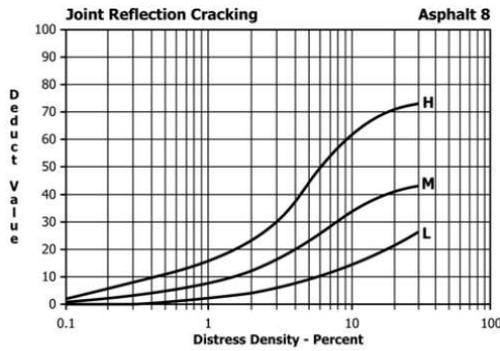


FIG. X3.10 Joint Reflection Cracking

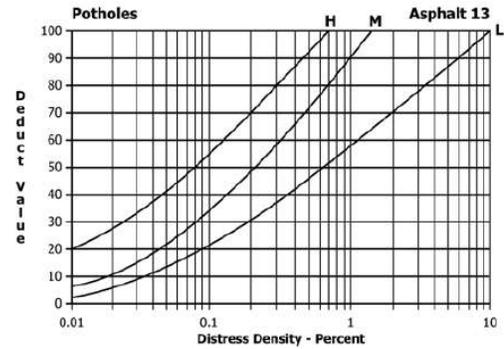


FIG. X3.18 Potholes

7.4 De la inspección visual
Nomenclaturas

DS: Severidad del deterioro, DE: Evaluación deductiva, %D: Densidad de los deterioros y, C: Cantidad de deterioros.

Vialidad:		Av. Ezequiel Montes	Tipo:		Principal (2 carriles)	Ancho:		8 m (Aprox.)
Sentido:		Av. Universidad	a		Av. Zaragoza	Hora de inicio y fin:		16:40-17:30
Cruzamientos	Nivel deterioro	Observaciones					Imagen	
Av. Universidad, Av Ezequiel Montes y Mariano Escobedo	SATISFACTORIO	C	DS	C	%D	DE		
		PCF	L	3	0.5	5		
		ABA	L	2	0.5	1		
		DP	L	3	2	5.6		
		GTL	M	6	0.7	1.2		
		PP	L	1	2	0		
		BP	L	2	0.01	3.4		
		RD	L	5	0.2	2.3		
		PPS	L	26	1.2	0		
		JPA	L	17	0.01	3.4		
AF	L	29	0.01	3.4	Total de evaluación (100-DE): 74.7			

Calle José María
Morelos, Av
Ezequiel Montes y
Mariano Escobedo

SATISFACTORIO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	0	0.	0
DP	L	2	2	5
GTL	M	5	0.2	6
PP	L	4	2	4
BP	L	2	0.01	3.4
RD	L	1	0.2	1
PPS	L	30	1.2	0
JPA	L	61	0.01	2
AF	L	31	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				76.6



Calle José María Morelos, Av. Ezequiel Montes y Miguel Hidalgo.

SATISFACTORIO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	2	1.	1
DP	L	0	0	0
GTL	M	6	0.6	7
PP	L	0	0	0
BP	L	4	0.02	8
RD	L	0	0	0
PPS	L	15	10	6
JPA	L	28	0.01	2.3
AF	L	14	0.01	2.3
Total de evaluación (100-DE):				74.4



Av. Ezequiel
Montes, Miguel
Hidalgo y calle
Andrés Balvanera.

SATISFACTORIO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	3	4	3
DP	L	0	0	0
GTL	L	7	3	8
PP	L	0	0	0
BP	L	4	0.01	2
RD	L	6	0.5	4
PPS	L	34	1	0
JPA	L	45	0.01	2
AF	L	20	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				79



Av. Ezequiel Montes,
calle Andrés Balvanera y
Av. Del 57

SATISFACTORIO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	3	4	3
DP	L	0	0	0
GTL	L	7	3	8
PP	L	0	0	0
BP	L	6	0.02	7
RD	L	6	0.5	4
PPS	L	34	1	0
JPA	L	42	0.01	2
AF	L	21	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				72



Av. Ezequiel Montes, calle Av.

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	3	4	3



Del 57 y Calle
Francisco I. Madero

SATISFACTORIO

DP	L	0	0	0
GTL	L	7	3	8
PP	L	4	1	1
BP	L	4	0.01	2
RD	L	6	0.5	4
PPS	L	34	1	0
JPA	L	47	0.01	2
AF	L	25	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				78



Av. Ezequiel
Montes, Calle
Francisco I. Madero

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	3	4	3



y Calle José María
Pino Suarez

SATISFACTORIO

DP	L	0	0	0
GTL	L	7	3	8
PP	L	4	1	1
BP	L	4	0.01	2
RD	L	6	0.5	4
PPS	L	34	1	0
JPA	L	49	0.01	2
AF	L	23	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				78



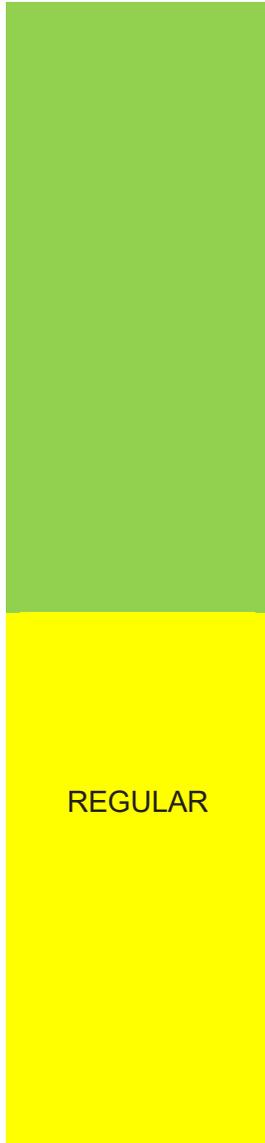
Av. Ezequiel
Montes, Calle José
María Pino Suarez y
Calle José María
Arteaga

SATISFACTORIO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0



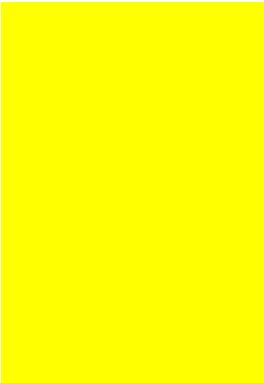
Av. Ezequiel Montes, Calle José María Arteaga y Av. Zaragoza



ABA	L	3	4	3
DP	L	0	0	0
GTL	L	7	3	8
PP	L	4	1	1
BP	L	6	0.02	6
RD	L	6	0.5	4
PPS	L	34	1	0
JPA	L	49	0.01	2
AF	L	23	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				74

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	3	4	3
DP	L	5	1	5
GTL	L	7	3	8
PP	L	4	1	1
BP	L	6	0.02	6
RD	L	10	1	10





PPS	L	34	1	0
JPA	L	50	0.01	2
AF	L	28	0.01	2
Total de evaluación				63
(100-DE):				

Vialidad:	Av. Corregidora	Tipo:	Principal (2 carriles)	Ancho:	10-12 m (Aprox.)
Sentido:	Av. Zaragoza	a	Av. Universidad	Hora de inicio y fin:	15:00-15:40
Cruzamientos	Nivel deterioro	Observaciones			Imagen

57
 , Av. Universidad y
 Calle Gral. Ramón
 Corona



REGULAR

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	2	0.3	4
ABA	L	3	3	2
DP	L	4	1	5
GTL	L	6	2	6
PP	L	2	1	1
BP	L	10	0.02	10
RD	L	5	1	5



Av. Corregidora,
Calle Gral. Ramón
Corona y Calle 15
de mayo



PPS	L	34	1	0
JPA	M	120	1	5
AF	M	60	1	5
Total de evaluación (100-DE):				57

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	2	0.3	4
ABA	L	3	3	2
DP	L	8	1	9
GTL	L	6	2	6
PP	L	2	1	1
BP	L	10	0.02	10
RD	L	5	1	5
PPS	L	34	1	0
JPA	M	140	1	5
AF	M	69	1	5
Total de evaluación (100-DE):				53



Av. Corregidora,
Calle 15 de mayo y
Calle Morelos

POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	2	0.3	4
ABA	L	3	3	2
DP	L	8	1	9
GTL	L	6	2	6
PP	L	2	1	1
BP	L	10	0.02	10
RD	L	5	1	5
PPS	L	34	1	0
JPA	M	130	1	7
AF	M	68	1	5
Total de evaluación (100-DE):				51



Av. Corregidora,
Calle Angela
Peralta y Calle
Morelos

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	3	0.3	4
ABA	L	5	3	3
DP	M	14	1	9
GTL	L	9	1.1	5
PP	L	0	0	0
BP	L	10	0.02	10
RD	L	6	1	6
PPS	L	41	9	3
JPA	M	135	1	9
AF	M	82	1	12
Total de evaluación (100-DE):				39



Av. Corregidora,
Calle Angela
Peralta y Calle 16
de septiembre

POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.3	3
ABA	L	4	2	2
DP	L	7	1	5
GTL	L	8	2	5
PP	L	2	1	11
BP	L	5	0.01	3
RD	L	10	0.4	5
PPS	L	41	10	2
JPA	M	122	2	3
AF	M	70	0.03	10
Total de evaluación (100-DE):				51

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	3	0.3	4
ABA	L	5	3	3



Av. Corregidora,
Calle Francisco I.
Madero y Calle 16
de septiembre

MUY POBRE

DP	M	14	1	9
GTL	L	9	1.1	5
PP	L	0	0	0
BP	L	10	0.02	10
RD	L	6	1	6
PPS	L	41	9	3
JPA	M	80	1	9
AF	M	150	1	11
Total de evaluación (100-DE):				40



MUY POBRE

Av. Corregidora,
Calle Francisco I.

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	3	0.3	4
ABA	L	5	3	3
DP	M	14	1	9
GTL	L	9	1.1	5



Madero y Calle
Andador Libertad



PP	L	0	0	0
BP	L	10	0.02	10
RD	L	6	1	6
PPS	L	41	9	3
JPA	M	140	1	9
AF	M	70	1	12
Total de evaluación (100-DE):				39



Av. Corregidora,
Calle
Independencia y
Calle Andador
Libertad

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	5	0.3	4
ABA	L	5	3	3
DP	M	14	1	9
GTL	L	9	1.1	5
PP	L	0	0	0
BP	L	10	0.02	10
RD	L	10	1	10
PPS	L	41	9	3
JPA	M	250	1	9



Av. Corregidora,
Calle
Independencia y
Calle Reforma

MUY POBRE

AF M 125 1 12
Total de evaluación (100-DE): 35

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	5	0.3	4
ABA	L	5	3	3
DP	M	14	1	9
GTL	L	9	1.1	5
PP	L	0	0	0
BP	L	10	0.02	10
RD	L	10	1	10
PPS	L	41	9	3
JPA	M	270	1	10
AF	M	125	1	12
Total de evaluación (100-DE):				34



Av. Corregidora, Av. Zaragoza y Calle Reforma

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	5	0.3	4
ABA	L	5	3	3
DP	M	14	1	9
GTL	L	9	1.1	5
PP	L	0	0	0
BP	L	10	0.02	10
RD	L	10	2	14
PPS	L	41	9	3
JPA	M	270	1	10
AF	M	125	1	12
Total de evaluación (100-DE):				30



Vialidad:	Calle:Francisco I Madero	Tipo:	Secundaria (1 carril)	Ancho:	8 - 3.5 m (Aprox.)
Sentido:	Av. Corregidora	a	Av. Ezequiel Montes	Hora de inicio y fin:	18:38-19:05
Cruzamientos	Nivel deterioro	Observaciones		Imagen	

Calle Francisco I.
Madero, Av.
Corregidora y
Calle. Benito
Juárez

BUENO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	1	0	0
DP	L	0	0	0
GTL	L	0	0	0
PP	L	0	0	0
BP	L	0	0	0
RD	L	0	0	0
PPS	L	8	3	1
JPA	L	18	0.6	1
AF	L	8	0.01	1
Total de evaluación (100-DE):				97



Presenta excelentes condiciones superficiales para el tránsito de vehículos con leves deterioros superficiales sin afectar la velocidad del usuario y las juntas como el adoquín se encuentra en buen estado, cuenta con drenaje o desalojo del agua. Adoquín acomodado en sentido

Calle Francisco I. Madero, Calle Allende y Calle Benito Juárez

BUENO

perpendicular al tránsito. Ancho de 8 m aprox.

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	1	0	0
DP	L	0	0	0
GTL	L	0	0	0
PP	L	0	0	0
BP	L	0	0	0
RD	L	0	0	0
PPS	L	1	0	0
JPA	L	18	0.6	1
AF	L	8	0.01	1
Total de evaluación				98
(100-DE):				



Presenta excelentes condiciones superficiales para el tránsito de vehículos

Calle Francisco I. Madero, Calle Vicente Guerrero y Calle Benito Juárez

BUENO

con leves deterioros superficiales sin afectar la velocidad del usuario y las juntas como el adoquín se encuentra en buen estado, cuenta con drenaje o desalojo del agua. Ancho de 3.5 m aprox.

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	1	0	0
DP	L	0	0	0
GTL	L	0	0	0
PP	L	0	0	0
BP	L	0	0	0
RD	L	0	0	0
PPS	L	1	0	0
JPA	L	0	0	0
AF	L	0	0.0	0
Total de evaluación (100-DE):				99

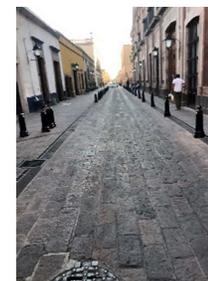


Calle Francisco I. Madero, Calle Vicente Guerrero y Calle Melchor O. Campo

BUENO

Presenta excelentes condiciones superficiales para el tránsito de vehículos con leves deterioros superficiales sin afectar la velocidad del usuario y las juntas como el adoquín se encuentra en buen estado, cuenta con drenaje o desalojo del agua. Ancho de 5 m aprox., cerrada al tránsito, solo para paso de transeúntes, adoquín cuadrado.

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	1	0	0
DP	L	0	0	0
GTL	L	0	0	0
PP	L	0	0	0
BP	L	0	0	0
RD	L	0	0	0
PPS	L	2	0	0
JPA	L	18	0.6	1
AF	L	8	0.01	1
Total de evaluación (100-DE):				98



Calle Francisco I. Madero, Calle Av. Ezequiel Montes y Calle. Melchor O. Campo

BUENO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	0	0	0
ABA	L	1	0	0
DP	L	4	1	5
GTL	L	0	0	0
PP	L	0	0	0
BP	L	0	0	0
RD	L	0	0	0
PPS	L	2	0	0
JPA	L	18	0.6	1
AF	L	8	0.01	1
Total de evaluación (100-DE):				92



Vialidad:	Benito Juárez Nte	Tipo:	Secundaria (1 carril)	Ancho:	7 m (Aprox.)
Sentido:	Av.Universidad	a	Av. Zaragoza	Hora de inicio y fin:	18:07-18:35

Cruzamientos	Nivel deterioro	Observaciones					Imagen	
Calle Benito Juárez, Av. Universidad y Gral. Ramón Corona	MUY POBRE	C	DS	C	%D	DE	 	 
		PCF	L	12	0.8	8		
		ABA	L	6	2	2		
		DP	L	4	1	5		
		GTL	L	11	4	10		
		PP	L	4	1	2		
		BP	L	9	0.02	7		
		RD	L	7	0.5	5		
		PPS	M	200	10	4		
		JPA	H	500	0.5	10		
AF	M	300	0.02	11				
Total de evaluación (100-DE):					36			
Calle Benito Juárez, calle 15	MUY POBRE	C	DS	C	%D	DE		
		PCF	L	12	0.8	8		
		ABA	L	6	2	2		

mayo y Gral.
Ramón Corona

MUY POBRE

DP	L	4	1	5
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	L	7	0.5	5
PPS	M	200	10	4
JPA	H	500	0.5	12
AF	M	300	0.02	15
Total de evaluación (100-DE):				30



Calle Benito Juárez,
calle 15 mayo y
José María Morelos

PROBLEMA
SERIO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	6	1	6
GTL	L	13	4	11
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	M	10	0.5	12
PPS	H	400	10.5	5



Calle Benito Juárez,
calle Miguel Hidalgo
y José María
Morelos

MUY POBRE

JPA	H	500	0.5	12
AF	M	30	0.02	15
Total de evaluación (100-DE):				25

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	4	1	5
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	L	7	0.5	5
PPS	H	400	11	8
JPA	H	500	0.5	10
AF	M	300	0.02	11
Total de evaluación (100-DE):				32



Calle Benito Juárez,
calle Miguel Hidalgo
y 16 de septiembre

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	4	1	5
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	L	7	0.5	5
PPS	H	400	11	8
JPA	H	520	0.5	11
AF	M	310	0.02	11
Total de evaluación (100-DE):				31



Calle Benito Juárez,
calle Francisco I.

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	4	1	5



Madero y 16 de septiembre



GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	L	7	0.5	5
PPS	H	400	11	8
JPA	H	520	0.5	11
AF	M	310	0.02	11
Total de evaluación (100-DE):				31



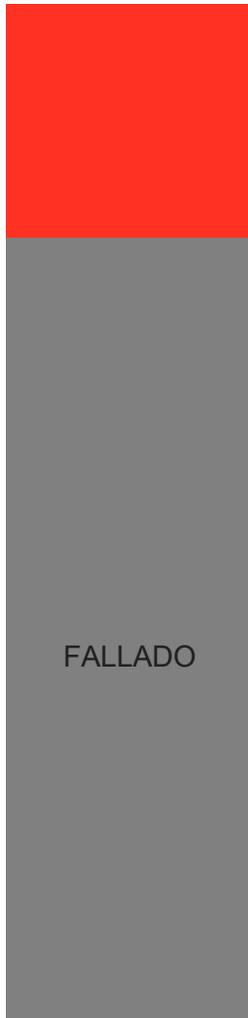
Calle Benito Juárez, calle Francisco I. Madero y Pino Suarez

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	4	1	5
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	L	7	0.5	5
PPS	H	400	11	8
JPA	H	600	0.5	15



Calle Benito Juárez,
calle Pino Suarez y
Arteaga



AF M 300 0.02 11
 Total de evaluación 27
 (100-DE):

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	4	1	5
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	M	12	0.02	11
RD	M	5	0.5	11
PPS	H	400	12	9
JPA	H	600	1	16
AF	H	400	0.01	20
Total de evaluación				6
(100-DE):				



Calle Benito Juárez,
Av. Zaragoza y
Arteaga

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	4	1	5
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	L	7	0.5	5
PPS	H	400	11	8
JPA	H	520	0.5	11
AF	M	310	0.02	11
Total de evaluación (100-DE):				31



Vialidad:	Vicente Guerrero	Tipo:	Colectora (1 carril)	Ancho:	5 m (Aprox.)
Sentido:	Av.Universidad	a	Av. Zaragoza	Hora de inicio y fin:	17:33-18:00
Cruzamientos	Nivel deterioro	Observaciones		Imagen	

Calle Vicente
Guerrero, Av.
Zaragoza y Gral.
Arteaga

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	4	1	5
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	L	7	0.5	5
PPS	H	415	11	8
JPA	H	600	0.5	11
AF	H	340	0.02	13
Total de evaluación (100-DE):				29



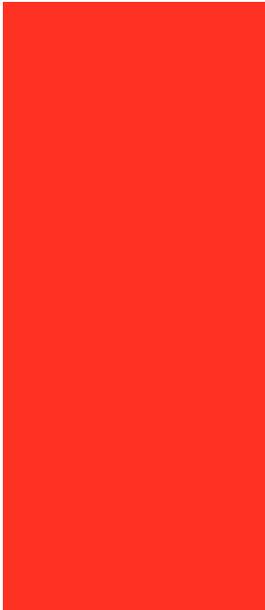
Calle Vicente
Guerrero, Pino

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2



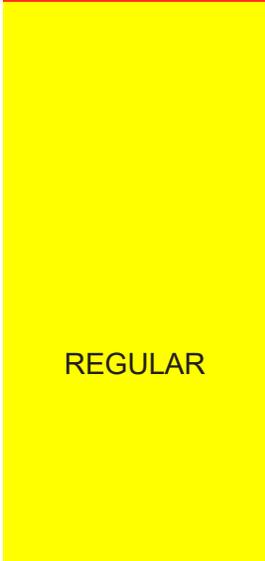
Suarez y Gral.
Arteaga



DP	L	4	1	5
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	L	9	0.02	7
RD	L	7	0.5	5
PPS	H	400	11	8
JPA	H	520	0.5	11
AF	M	310	0.02	11
Total de evaluación (100-DE):				31



Calle Vicente
Guerrero, Pino
Suarez y Francisco
I. Madero



REGULAR

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	3
ABA	L	3	0.5	2
DP	L	3	1	5
GTL	L	3	1	2
PP	L	1	1	2
BP	L	3	0.02	3



Calle Vicente Guerrero, Balvanera Francisco Madero y Andrés I.



RD	L	3	1	8
PPS	L	50	8	1
JPA	L	76	2	3
AF	L	37	0.02	4
Total de evaluación (100-DE):				67

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	3
ABA	L	3	0.5	2
DP	L	3	1	5
GTL	L	3	1	2
PP	L	1	1	2
BP	L	3	0.02	3
RD	L	3	0.5	3
PPS	L	50	8	1
JPA	L	60	2	3
AF	L	40	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				74



Calle Vicente Guerrero, Andrés Balvanera y 16 de septiembre

SATISFACTORIO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	3
ABA	L	3	0.5	2
DP	L	3	1	5
GTL	L	3	1	2
PP	L	1	1	2
BP	L	3	0.02	3
RD	L	3	0.5	3
PPS	L	50	8	1
JPA	L	60	2	3
AF	L	40	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				74



Calle Vicente Guerrero, Miguel

FALLADO

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	12	0.8	8
ABA	L	6	2	2
DP	L	4	1	5



Hidalgo y 16 de
septiembre



Calle Vicente
Guerrero, Miguel
Hidalgo y José
María Morelos



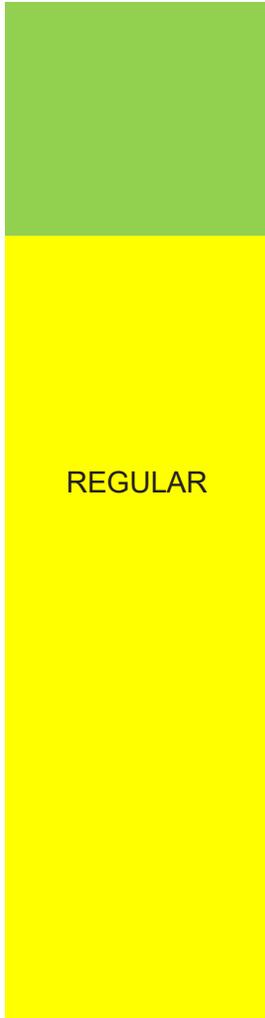
GTL	L	11	4	10
PP	L	4	1	2
BP	M	12	0.02	11
RD	M	5	0.5	11
PPS	H	400	12	9
JPA	H	600	1	16
AF	H	400	0.01	20
Total de evaluación (100-DE):				6



C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	3
ABA	L	4	1	1
DP	L	4	1	5
GTL	L	3	1	2
PP	L	1	1	2
BP	L	3	0.02	3
RD	L	3	0.5	3
PPS	L	50	8	1
JPA	L	66	2	3



Calle Vicente Guerrero, Mariano Escobedo y José María Morelos



AF L 37 0.01 2
 Total de evaluación (100-DE): 75

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	3
ABA	L	3	0.5	2
DP	L	3	1	5
GTL	L	3	1	2
PP	L	1	1	2
BP	L	3	0.02	3
RD	L	3	1	8
PPS	M	140	11	8
JPA	M	176	2	3
AF	M	87	0.02	8
Total de evaluación (100-DE):				56



Calle Vicente Guerrero, Mariano Escobedo y Av. Universidad

REGULAR

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	3
ABA	L	3	0.5	2
DP	L	3	1	5
GTL	L	3	1	2
PP	L	1	1	2
BP	L	3	0.02	3
RD	L	3	1	8
PPS	M	140	11	8
JPA	M	176	2	3
AF	M	87	0.02	8
Total de evaluación (100-DE):				56



Vialidad:	Miguel Hidalgo	Tipo:	Colectora (1 carril)	Ancho:	5 m (Aprox.)
Sentido:	Av.Ezequiel M.	a	Pasteur Norte	Hora de inicio y fin:	14:00-14:50
Cruzamientos	Nivel deterioro	Observaciones		Imagen	

Calle Miguel
Hidalgo, Av.
Ezequiel Montes y
Melchor O. Campo

MUY POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	2	0.5	6
ABA	M	2	1.2	3
DP	L	5	0.5	9
GTL	L	3	2	6
PP	L	2	1	3
BP	L	6	0.02	7
RD	H	10	0.2	12
PPS	M	180	10	3
JPA	M	365	1	9
AF	M	220	0.02	10
Total de evaluación (100-DE):				32



Calle Miguel
Hidalgo, Miguel
Vicente

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	2	0.5	6



Guerrero y Melchor
O. Campo

MUY POBRE

ABA	M	2	1.2	3
DP	L	5	0.5	9
GTL	L	3	2	6
PP	L	2	1	3
BP	L	6	0.02	7
RD	H	10	0.2	12
PPS	M	180	10	3
JPA	M	365	1	9
AF	M	220	0.02	10
Total de evaluación (100-DE):				32



Calle Miguel
Hidalgo, Vicente
Guerrero y Ignacio
Allende

REGULAR

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	1
ABA	M	2	1.2	3
DP	L	2	0.5	5
GTL	L	3	2	6
PP	L	2	1	3
BP	L	1	0.01	3
RD	L	10	0.2	3



Calle Hidalgo, Juárez y Allende Miguel Benito Ignacio



PPS	M	180	10	3
JPA	M	300	1	9
AF	M	120	0.02	10
Total de evaluación (100-DE):				59

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	3
ABA	L	4	1	1
DP	L	4	1	5
GTL	L	3	1	2
PP	L	5	2	6
BP	L	3	0.02	3
RD	L	3	0.5	3
PPS	L	50	8	1
JPA	L	66	2	3
AF	L	37	0.01	2
Total de evaluación (100-DE):				71



Calle Miguel
Hidalgo, Benito
Juárez y Av.
corregidora

POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	1
ABA	M	2	1.2	3
DP	L	2	0.5	5
GTL	L	3	2	6
PP	L	2	1	3
BP	L	1	0.01	3
RD	L	10	0.2	3
PPS	M	180	10	3
JPA	H	450	1	16
AF	M	280	0.02	10
Total de evaluación (100-DE):				47

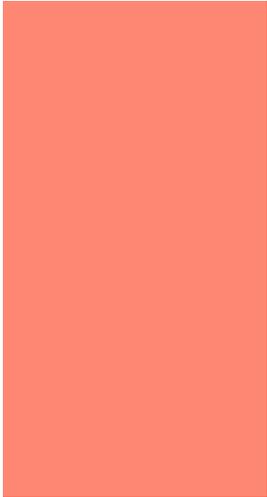


Calle Miguel
Hidalgo, Av.
Corregidora y Luis
Pasteur

POBRE

C	DS	C	%D	DE
PCF	L	1	0.1	1
ABA	M	2	1.2	3
DP	L	2	0.5	5



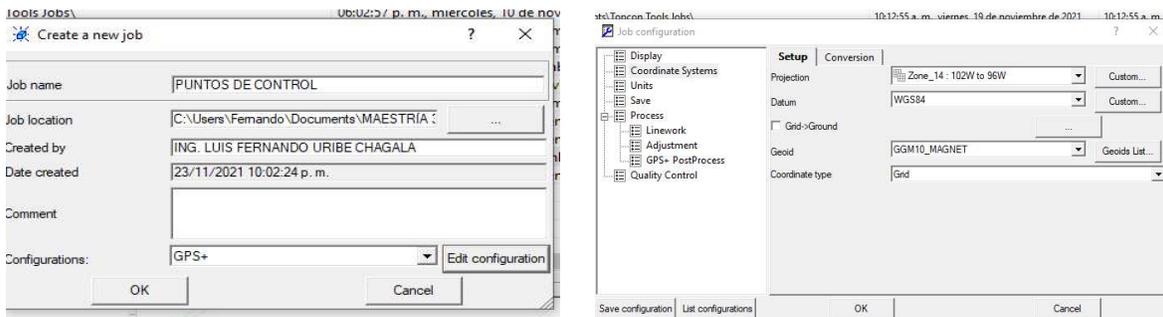


GTL	L	3	2	6
PP	L	2	1	3
BP	L	1	0.01	3
RD	L	10	0.2	3
PPS	M	200	10	3
JPA	H	550	1	16
AF	M	290	0.02	10
Total de evaluación (100-DE):				47

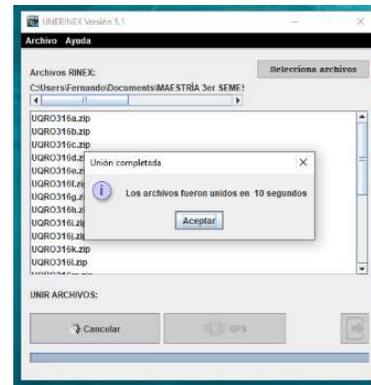


7.5 Procedimiento Postprocesamiento puntos GPS

1.-Se crea el nombre del trabajo, se selecciona “GPS +”, se selecciona “Job configuration”, en “Coordinate System” se indica la zona a la que pertenece el área de estudio, para este caso es “ Zone_14: 102w to 96w”, el datum es “WGS84” ya que es compatible desde el punto de vista cartográfico con el ITRF08 propuesto por la norma mencionada en el párrafo anterior, el geoide es el “GGM10_MAGNET” del Geoide Gravimétrico Mexicano en la versión 2010 elaborado por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), mismo que sirve para corregir la discrepancia de la altura con respecto al nivel del mar, en “Coordinate type” se selecciona “ WGS84 Lat. Long. Ell.” Esto es solo la presentación de los datos en coordenadas geográficas (x, y, z).



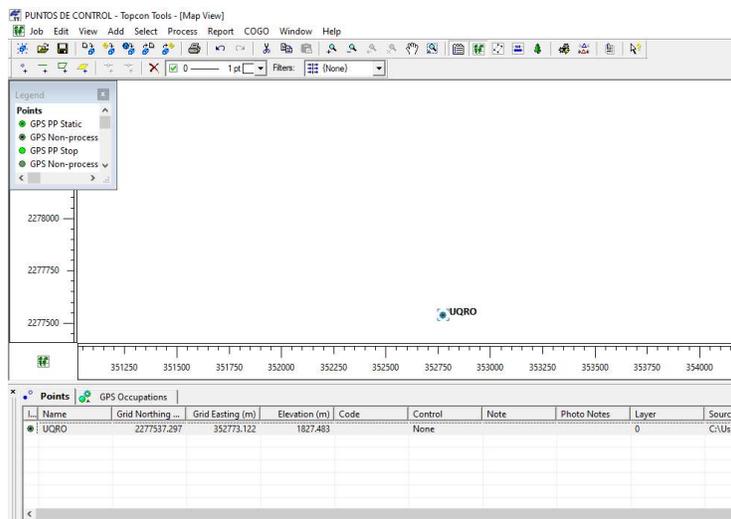
2.-Se integra la Estación Geodésica de la RGNA para el estado de Querétaro “UQRO”, misma que se encuentra dentro del estándar de exactitud posicional de 5 centímetros, y registrar a intervalos de 15 segundos, durante las 24 horas del día, los datos de las frecuencias transmitidas por satélites del GNSS. Estas 24 lecturas obtenidas de [75], han sido unidas en una sola constelación con el software del INEGI llamado “UNERINEX”, el cual es una utilería de interfaz gráfica, que permite unir automáticamente los archivos horarios de observaciones de las constelaciones de los Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS, por sus siglas en inglés) del GPS, Glonass y Galileo, en un solo archivo, así como los archivos horarios de navegación o efemérides de cada constelación por separado, desde un mínimo de dos sesiones hasta varios días de archivos generados por una estación de la RGNA.



3.-Una vez abierto el interfaz de Topcon Tools, se carga la constelación de la estación de la RGNA para el estado de Querétaro, esta es por cada día que se realizó el levantamiento de GPS. Para esta investigación se realizó conforme la tabla 4.

Tabla 38. Días de medición GPS.

Punto GPS	Día de medición punto estático
1	12 de noviembre del 2021
3,5,6	13 de noviembre del 2021
2,4	15 de noviembre del 2021



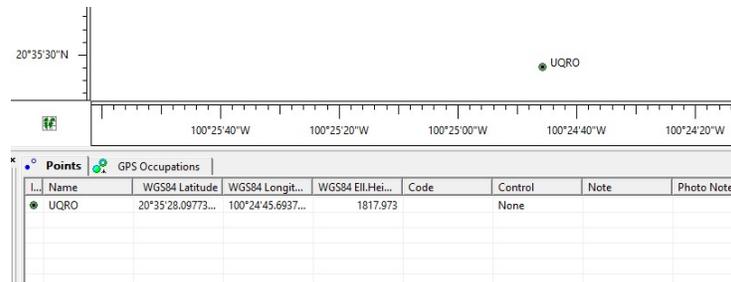
4.- Se corrigen los datos de la estación según el Sistema de consulta de las coordenadas geodésicas de las estaciones de la Red Geodésica Nacional Activa en el marco geodésico de referencia oficial denominado ITRF08, a la época 2010.0, así como sus características técnicas, necesarias para el procesamiento geodésico.

- a) Nombre de la estación
- b) Latitud norte
- c) Latitud oeste
- d) Altura geodésica (m)
- e) Altura vertical de la Antena (m)
- f) Receptor
- g) Antena según fabricante

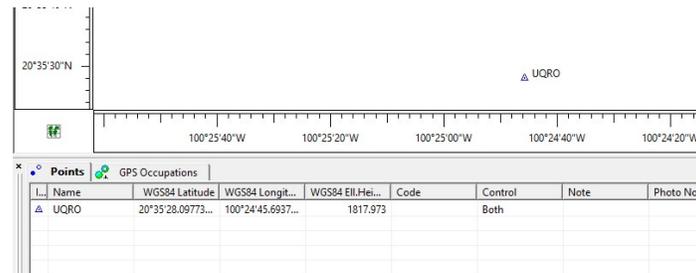
Tabla 39. Estación UQRO

a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)
UQRO	20'35''	100'24''	1817.973	0.084	ALLOY	Zephyr
	28.09773''	45.69377''				Geodetic
						3

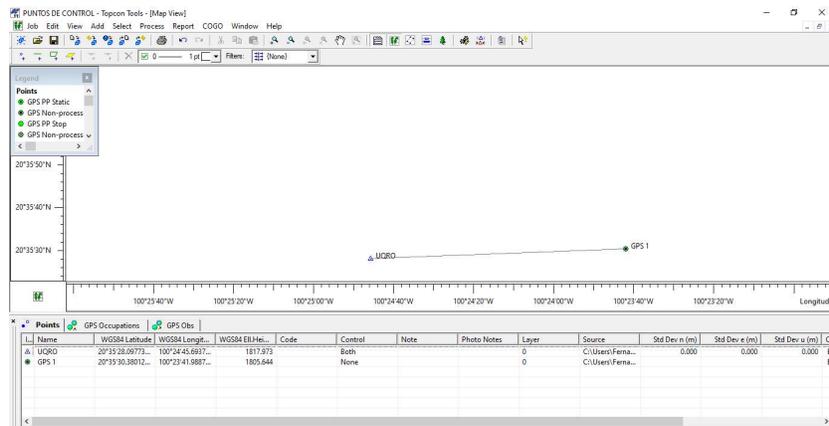
UTM -> X: 352773.1 Y: 2277537.3



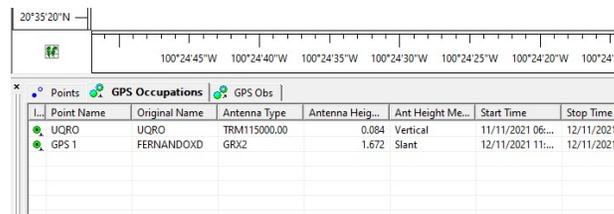
5.-Se convierte la estación de control “none” a “both” con lo que se le da la indicación al programa que será la base de los puntos.

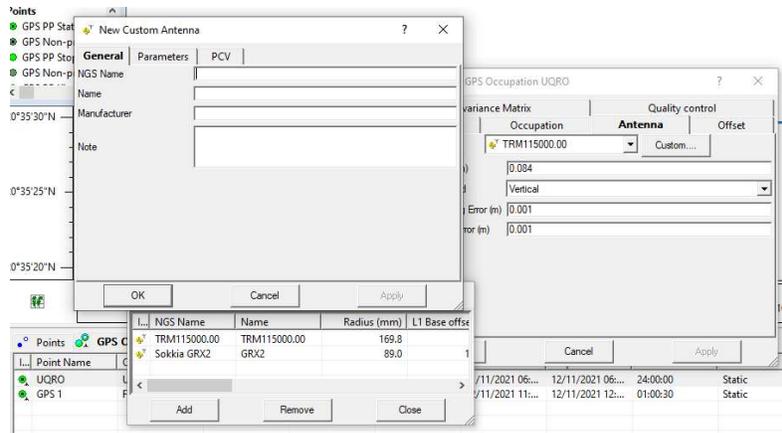


6.- Se agregan los puntos de GPS estáticos.

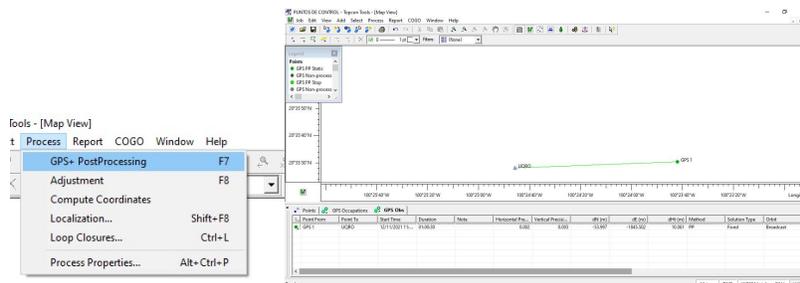


7.-Se agregan los datos y especificaciones de la antena de INEGI y de la antena del GPS UTILIZADO (Sokkia GRx2) y se aplican a cada punto.





7.- Se realiza el post-proceso de los puntos, donde se observa que se han procesado de manera correcta al indicar la línea vector en color verde, además la precisión horizontal y vertical no es mayor a 0.01.



8.- Se genera el reporte del post-proceso.

Para GPS 1 de fecha 12 de noviembre del 2021 es el siguiente:

Nombre del proyecto : PUNTOS DE CONTROL GPS 1.ttp
Ubicación del proyecto : C:\Users\Fernando\Documents\MAESTRÍA 3er SEMESTRE\SEMINARIO 2\TESIS\puntos gps\POSTOPROCESO 2
Hora de creación del proyecto : 23/11/2021 10:02:24 p. m.
Creado por: ING. LUIS FERNANDO URIBE CHAGALA
Comentarios:
Unidades lineales: Metros
Unidades angulos: DMS
Proyección UTM: UTMNorth-Zone_14 : 102W to 96W

Datum: WGS84
Geoide: GGM10_MAGNET
Hora: Central Standard Time (Mexico)

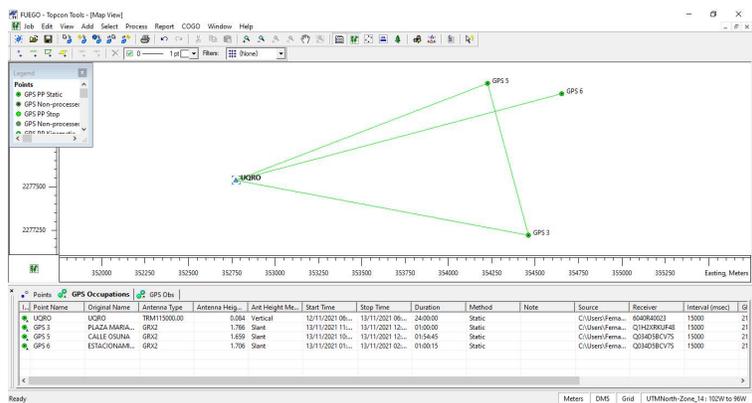
AJUSTE

COORDENADAS UTM			
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)
GPS 1	2277591.294	354618.63	1807.832
UQRO	2277537.297	352773.122	1817.973

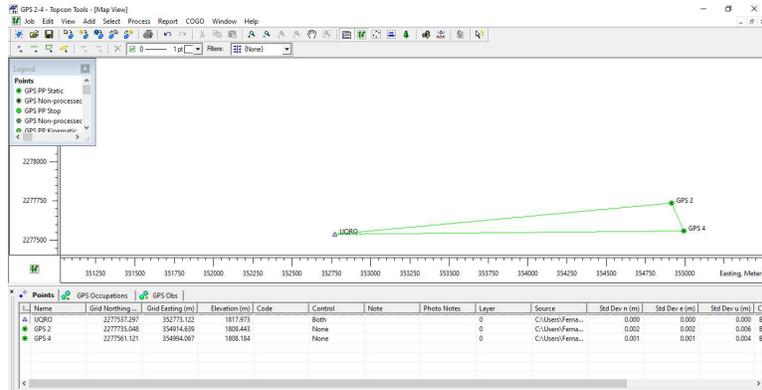
COORDENADAS GEOGRAFICAS			
Name	Latitude	Longitude	Elevation (m)
GPS 1	20°35'30.37096"N	100°23'41.97421"W	1807.832
UQRO	20°35'28.09773"N	100°24'45.69377"W	1817.973

Se realiza el mismo procedimiento para los demás puntos con su respectiva constelación de datos por el día en el que fueron tomados los puntos GPS estáticos.

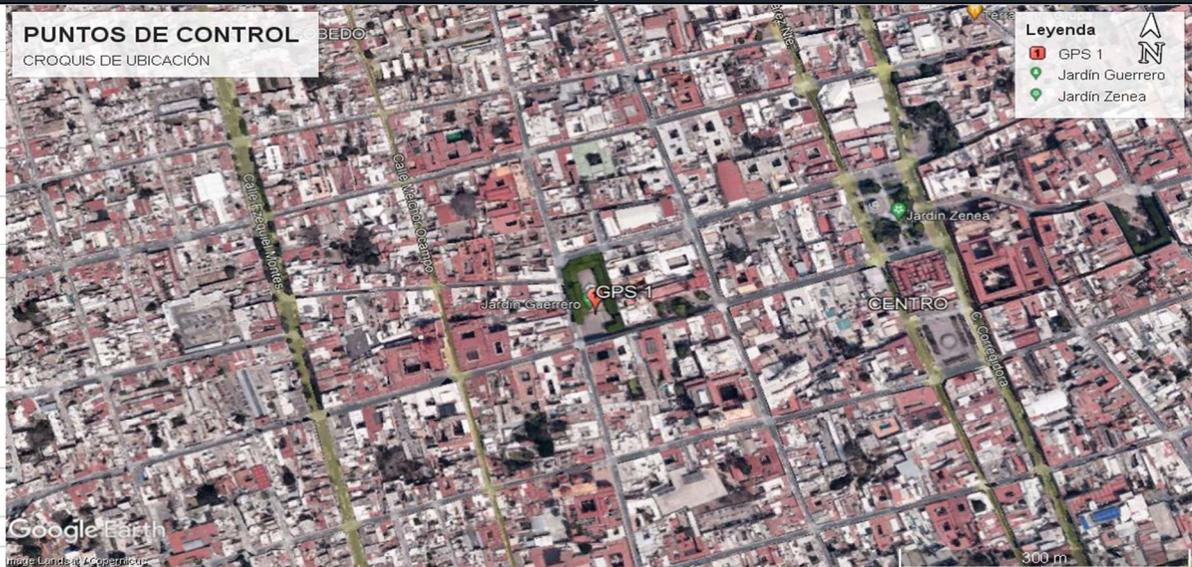
- GPS 3,5 y 6



- GPS 2 y 4



7.6 Ficha técnica de puntos GPS

 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO FACULTAD DE INGENIERÍA					
Ficha Técnica					
Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.					
Santiago de Querétaro, Qro., a 18 de noviembre de 2021					
Estado:	Querétaro		Bordo:	Centro histórico- Jardín Guerrero	
Municipio:	Santiago de Querétaro		Marca:	1	
Mojonera	Altura	1807.832	m	Proyección	UTM
	Este	354618.63	m	Datum	WGS84
	Norte	2277591.293	m		
Fecha de levantamiento:		12 de noviembre del 2021			
Observaciones:					
El punto de control se encuentra ubicado sobre la plaza del parque jardín Guerrero con una arandela y un clavo de concreto, se localiza a 2.65 m frente al monumento presidencial del centro del jardín, esta ubicado sobre un cruzamiento de piedra de adoquín de color café oscuro.					
Croquis:					
					
Datos del responsable de la supervisión:		Nombre:	Luis Fernando Uribe Chagala		
		Profesión:	Ing. Civil		
		Correo:	Luribe09@alumnos.uaq.mx		
		Tel.:	9831673564		

Reporte Fotográfico:

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UA V), México.

Estado:	Querétaro		Bordo:	Centro histórico- Jardín Guerrero	
Municipio:	Santiago de Querétaro		Marca:	1	
Mojonera			Mojonera		
Este		Norte	Este		Norte
354618.63		2277591.293	354618.63		2277591.293
Observación (es):	Frente al monumento presidencial tipo estatua, en esquina de adoquin de color café oscuro.		Observación (es):	Al frente de la delegación del Centro histórico de Querétaro, aproximadamente 40 m.	
Mojonera			Mojonera		
Este		Norte	Este		Norte
354618.63		2277591.293	354618.63		2277591.293
Observación (es):	Frente a calle Vicente Guerrero, aproximadamente 38 m.		Observación (es):	Arandela con clavo de concreto color gris, en cruzamiento de adoquin color café oscuro en forma de "K".	



Ficha Técnica

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Santiago de Querétaro, Qro., a 18 de noviembre de 2021

Estado:	Querétaro	Bordo:	Centro histórico- Jardín Zenea
Municipio:	Santiago de Querétaro	Marca:	2

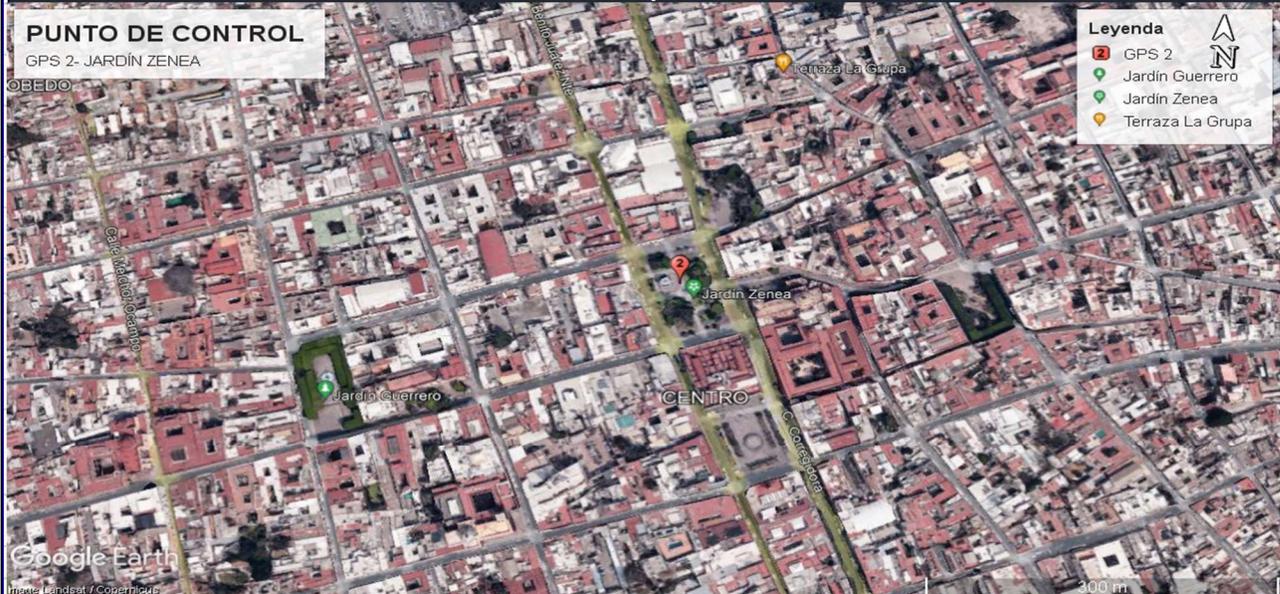
Mojonera	Altura	1809.443	m	Proyección	UTM
	Este	354914.639	m		Datum
	Norte	2277735.048	m		

Fecha de levantamiento:	15 de noviembre del 2021
--------------------------------	---------------------------------

Observaciones:

El punto de control se encuentra ubicado sobre la plaza del parque jardín Zenea con una arandela y un clavo de concreto, se localiza a 3.5 m frente a el kiosko central del parque y 4 m frente a fuente del centro del jardín, esta ubicado sobre un cruzamiento de piedra de adoquín de color café oscuro.

Croquis:



Datos del responsable de la supervisión:	Nombre:	Luis Fernando Uribe Chagala
	Profesión:	Ing. Civil
	Correo:	Lunibe09@alumnos.uaq.mx
	Tel.:	9831673564

Reporte Fotográfico:

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Estado:	Querétaro		Bordo:	Centro histórico- Jardín Zenea	
Municipio:	Santiago de Querétaro		Marca:	2	
Mojonera			Mojonera		
Este		Norte	Este		Norte
354914.639		2277735.048	354914.639		2277735.048
Observación (es):	Frente a jardinera noroeste del jardín Zenea, aproximadamente 40 m Av. Corregidora.		Observación (es):	Frente a kiosco principal del Jardín, aproximadamente 3.5 m.	
Mojonera			Mojonera		
Este		Norte	Este		Norte
354914.639		2277735.048	354914.639		2277735.048
Observación (es):	Frente a fuente principal del parque, aproximadamente 4 m.		Observación (es):	Cruzamiento de adoquín café oscuro en forma de "T", arandela y clavo de concreto de color gris.	



Ficha Técnica

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Santiago de Querétaro, Qro., a 18 de noviembre de 2021

Estado:	Querétaro	Bordo:	Centro historico- Plaza Mariano de las Casas
Municipio:	Santiago de Querétaro	Marca:	3

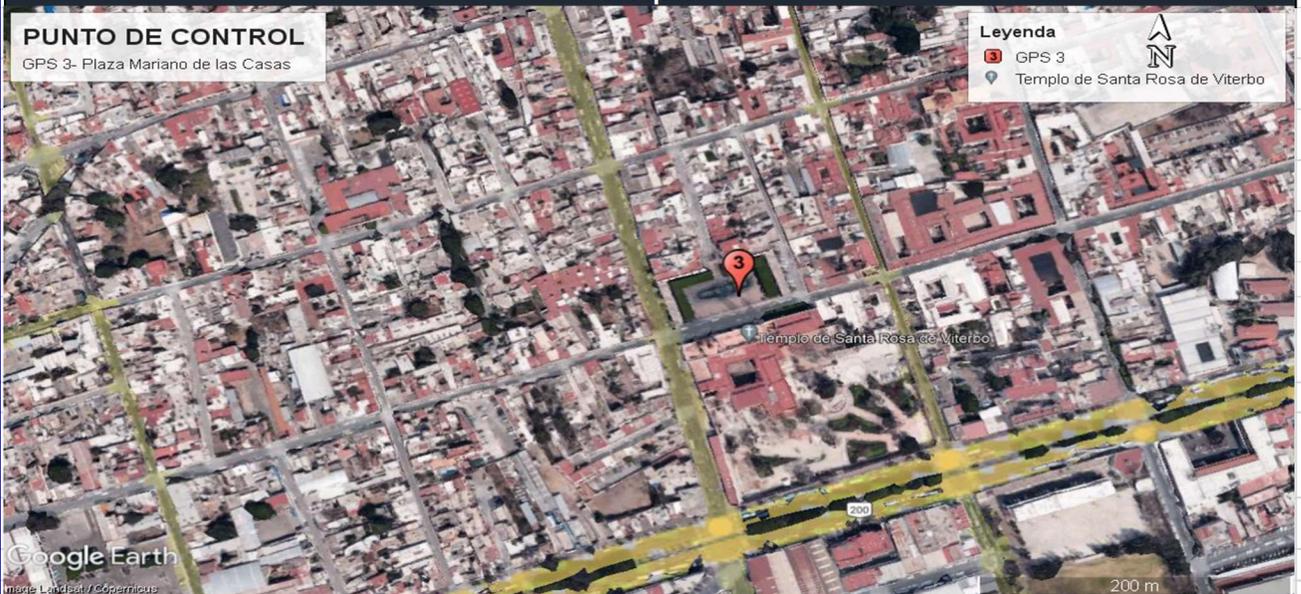
Mojonera	Altura	1805.865	m	Proyección	UTM
	Este	354460.52	m		Datum
	Norte	2277220.537	m		

Fecha de levantamiento: 13 de noviembre del 2021

Observaciones:

El punto de control se encuentra ubicado sobre la plaza Mariano de las casas con una arandela y un clavo de concreto, se localiza a 3 m frente a la fuente del centro de la plaza, esta ubicado a 5 cm de un registro de concreto, frente de vialidad José María Arteaga.

Croquis:



Datos del responsable de la supervisión:

Nombre: **Luis Fernando Uribe Chagala**
 Profesión: **Ing. Civil**
 Correo: Luribe09@alumnos.uaq.mx
 Tel.: **9831673564**

Reporte Fotográfico:

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Estado:	Querétaro		Bordo:	Centro histórico- Plaza Mariano de las	
Municipio:	Santiago de Querétaro		Marca:	3	
Mojonera			Mojonera		
Este		Norte	Este		Norte
354460.52		2277220.537	354460.52		2277220.537
Observación (es):	Frente a fuente principal de la plaza, aproximadamente 3m.		Observación (es):	Al fondo av. Ezequiel Montes, y a la izquierda de la imagen la calle José María Arteaga. Letras de "Querétaro".	
Mojonera			Mojonera		
Este		Norte	Este		Norte
354460.52		2277220.537	354460.52		2277220.537
Observación (es):	Al fondo jardinera este del parque y estatua principal de la plaza.		Observación (es):	a 5 cm al noroeste de registro de tapa elaborada de concreto con arandela y clavo de concreto de color gris.	



Ficha Técnica

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Santiago de Querétaro, Qro., a 18 de noviembre de 2021

Estado:	Querétaro			Bordo:	Centro histórico- Plaza Constitución
Municipio:	Santiago de Querétaro			Marca:	4
Mojonera	Altura	1808.184	m	Proyección	UTM
	Este	354994.067	m	Datum	WGS84
	Norte	2277561.121	m		

Fecha de levantamiento: 15 de noviembre del 2021

Observaciones:

El punto de control se encuentra ubicado sobre la plaza Constitución con una arandela y un clavo de concreto, se localiza a 3.7 m frente a la fuente principal de la plaza, esta ubicado sobre un registro de acero color café oscuro.

Croquis:



Datos del responsable de la supervisión:

Nombre: **Luis Fernando Uribe Chagala**
 Profesión: **Ing. Civil**
 Correo: Luribe09@alumnos.uaq.mx
 Tel.: **9831673564**

Reporte Fotográfico:

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Estado:	Querétaro
Municipio:	Santiago de Querétaro

Bordo:	Centro histórico- Plaza Constitución
Marca:	4



Mojonera

Este		Norte
354994.067		2277561.121



Mojonera

Este		Norte
354994.067		2277561.121

Observación (es):	Al fondo a 40 m cruzamientos de vialidades (Av. Corregidora y Calle Independencia)
-------------------	---

Observación (es):	al fondo jardinera en sentido suroeste, y a 37 m de calle Independencia.
-------------------	---



Mojonera

Este		Norte
354994.067		2277561.121



Mojonera

Este		Norte
354994.067		2277561.121

Observación (es):	A 3.7 m de fuente principal de la plaza.
-------------------	---

Observación (es):	Sobre un registro de acero color café oscuro con arandela y clavo de concreto color gris.
-------------------	--



Ficha Técnica

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Santiago de Querétaro, Qro., a 18 de noviembre de 2021

Estado:	Querétaro	Bordo:	Centro histórico- Calle cerrada Rafael Osuna
Municipio:	Santiago de Querétaro	Marca:	5

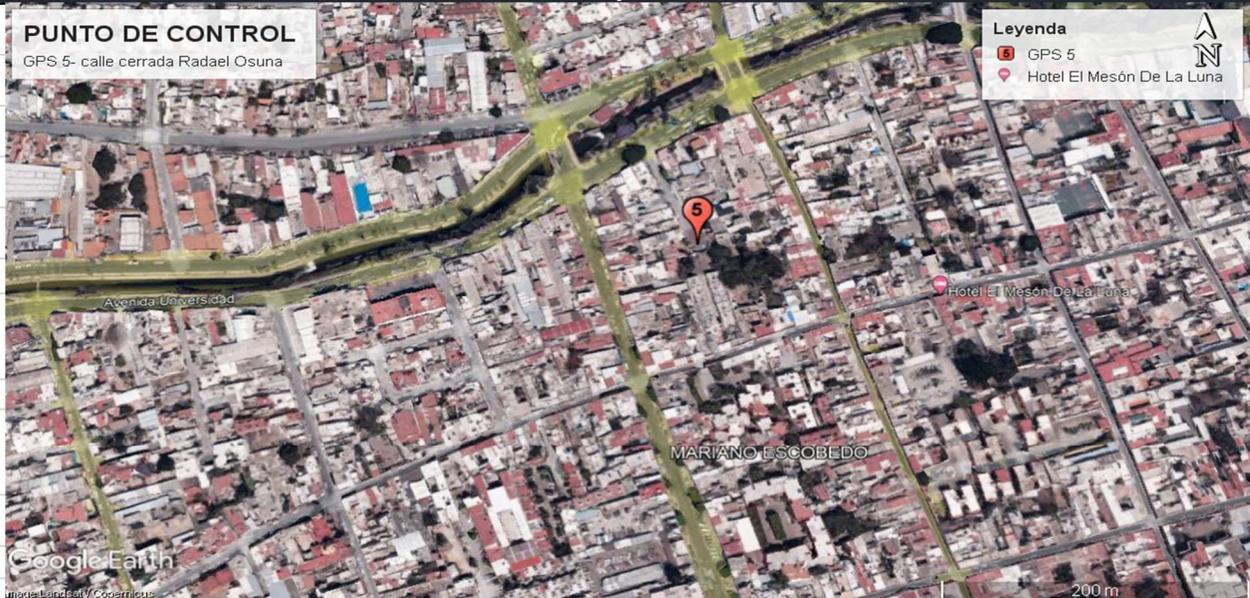
Mojonera	Altura	1806.955	m	Proyección	UTM	
	Este	354225.301	m		Datum	WGS84
	Norte	2278095.953	m			

Fecha de levantamiento:	13 de noviembre del 2021
--------------------------------	---------------------------------

Observaciones:

El punto de control se encuentra ubicado al final de la vialidad cerrada Rafael Osuna, con una arandela y un clavo de concreto, se localiza a 4 m antes de finalizar la calle en sentido sur, esta ubicado sobre registro de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), punto en la "H" del registro.

Croquis:



Datos del responsable de la supervisión:	Nombre:	Luis Fernando Uribe Chagala
	Profesión:	Ing. Civil
	Correo:	Luribe09@alumnos.uaq.mx
	Tel.:	9831673564



Reporte Fotográfico:

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Estado:	Querétaro		Bordo:	Centro histórico- Calle cerrada Rafael	
Municipio:	Santiago de Querétaro		Marca:	5	
					
Mojonera			Mojonera		
Este		Norte	Este		Norte
354225.301		2278095.953	354225.301		2278095.953
Observación (es):	Vialidad Rafael Osuna, a 80 m de la av. Universidad.		Observación (es):	Foto de referencia en sentido Este, sobre registro SRH.	
					
Mojonera			Mojonera		
Este		Norte	Este		Norte
354225.301		2278095.953	354225.301		2278095.953
Observación (es):	Fin de la vialidad Rafael Osuna, 4 m en sentido sur.		Observación (es):	Punto ubicado sobre la "H" de registro de la SRH.	



Ficha Técnica

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Santiago de Querétaro, Qro., a 18 de noviembre de 2021

Estado:	Querétaro	Bordo:	Centro histórico- Estacionamiento "Del Carmen"
Municipio:	Santiago de Querétaro	Marca:	6

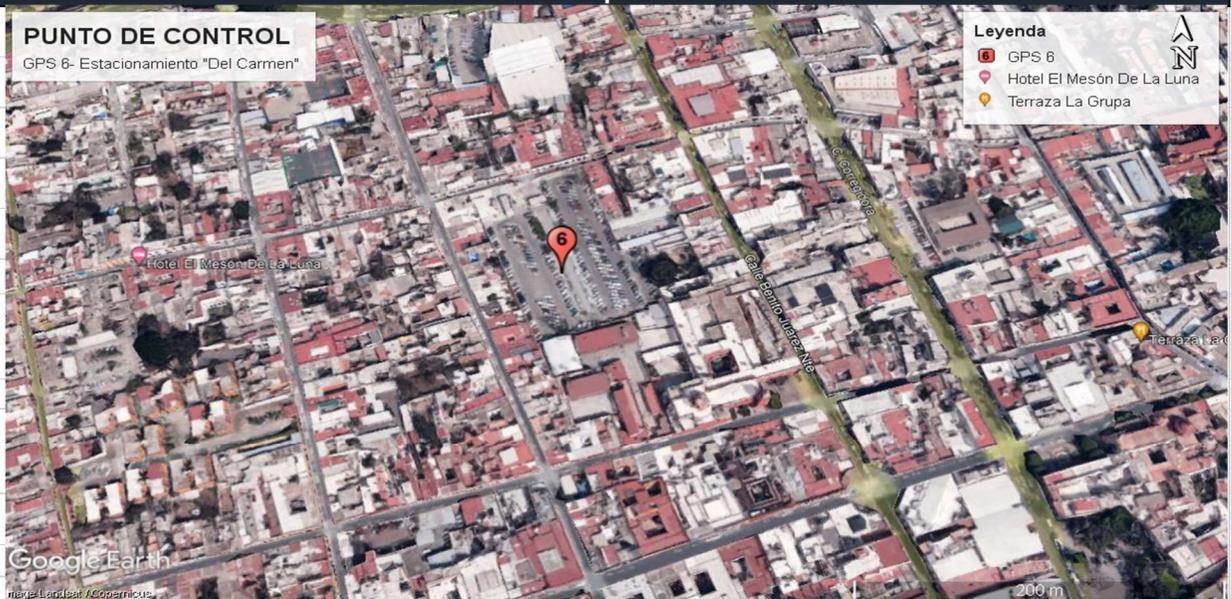
Mojonera	Altura	1809.69	m	Proyección	UTM	
	Este	354652.108	m		Datum	WGS84
	Norte	2278035.777	m			

Fecha de levantamiento:	13 de noviembre del 2021
--------------------------------	---------------------------------

Observaciones:

El punto de control se encuentra ubicado al interior del estacionamiento privado "Del Carmen" (Calle Mariano Escobedo/ Calle Ignacio Allende y calle Benito Juárez, Centro, Querétaro) con una arandela y un clavo de concreto, situado sobre la banqueta en junta de losas, esta ubicado a 71 m de la entrada principal caminando en sentido Sureste.

Croquis:



Datos del responsable de la supervisión:	Nombre:	Luis Fernando Uribe Chagala
	Profesión:	Ing. Civil
	Correo:	Luribe09@alumnos.uaq.mx
	Tel.:	9831673564



Reporte Fotográfico:

Tesis: Mejora del tiempo y precisión en el diagnóstico de deterioros en protocolo pavimentos semirrígidos usando unidad aérea no tripulada (UAV), México.

Estado:	Querétaro	Bordo:	Centro histórico- Estacionamiento "Del
Municipio:	Santiago de Querétaro	Marca:	6



Mojonera

Este	Norte
354652.108	2278035.777



Mojonera

Este	Norte
354652.108	2278035.777

Observación (es):	Al fondo a 71 m la entrada principal del estacionamiento.
-------------------	--

Observación (es):	a 47 m del final del estacionamiento en sentido sur.
-------------------	---



Mojonera

Este	Norte
354652.108	2278035.777



Mojonera

Este	Norte
354652.108	2278035.777

Observación (es):	Sobre banqueta de concreto, foto en sentido SE.
-------------------	--

Observación (es):	Arandela y clavo de concreto en junta de losas, sobre banqueta principal.
-------------------	--